

84525

MANUFACTURING AND EXPERIMENTS OF JET PUMP

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Master of Science

In The Department Of Mechanical Engineering

1999

JET POMPA, İMALAT VE DENEYLERİ

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Enerji Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof. Dr. Yaşar PANCAR

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

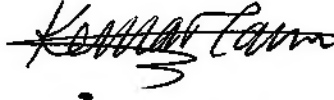
Şubat – 1999

Tamer SARAÇYAKUPOĞLU' nun YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "JET POMPA, İMALAT VE DENEYLERİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin, ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Prof. Dr. Yaşar PANCAR (Danışman)



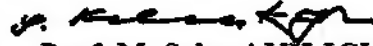
Üye: Prof. Dr. Kemal TANER



Üye: Yrd. Doç. Dr. İrfan ÜREYEN



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 16-03-1999 gün
ve 99-5/2 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
SEMBOLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. POMPALARIN SINIFLANDIRILMASI	2
3. JET POMPALAR	5
3.1. JET POMPA PRENSİBİ	5
3.2. EDÜKTÖRLER	6
3.3. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ	13
3.4. AVANTAJLAR	13
3.5. GENEL MAKSAT EDÜKTÖRLERİ	14
3.6. KARIŞTIRICI EDÜKTÖRLER	18
3.7. İĞNELİ EDÜKTÖRLER	20
3.8. KUM VE ÇAMUR EDÜKTÖRLERİ	21
3.9. KATI UYGULAMA EDÜKTÖRLERİ	23
3.10. ÇOKLU NOZUL EDÜKTÖRLER	27
3.11. DERİN KUYU EDÜKTÖRLERİ	28
3.12. HAZIRLAYICI EDÜKTÖRLER	29
3.13. SIVILAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR	30
4. GAZ VE BUHAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR	31
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	36
6. SONUÇLAR	37
KAYNAKLAR DİZİNİ	38

ÖZET

Endüstride pompaların pek çok kullanım alanları mevcuttur. Bu çalışmada değişik pompa türlerinde, Jet Pompa değerlendirilip sunulmaktadır.

Bu tür pompalar, hareket eden parçasının olmaması, yağlama ihtiyacının olmaması ve işlenebilen herhangi bir malzemeden üretilmesi gibi avantajlara sahiptirler. Diğer yandan jet pompalar sadece tek bir pompa olarak kullanılmazlar, aynı zamanda tahrik alan diğer bir pompaya hazırlayıcı olarak da kullanılabilirler.

Diğer bütün pompalar gibi jet pompalarda kullanım amacına göre çeşitlilik gösterirler. Bu çalışmada, Jet Pompalarının tipleri ve değişik basınç ve emme uzunluklarındaki ölçümler aktarılmıştır.

SUMMARY

Pumps have a very large use in industry. In this study, from the different sorts of pumps, Jet Pumps have been considered, presented.

This kind of pumps have advantages like having no moveable parts, needing no lubrication and being manufactured from any material can be machined. On the other hand, not only are jet pumps used as a single pump, but also can be a preparation for another driven pump.

Like all other pumps, Jet Pumps' sorts differ in many different ways depend on the purpose of use. In this study, types of Jet Pumps, have been explained and the measured flow with different pressure and suction length have been presented.

TEŞEKKÜR

Jet Pompa İmalat ve Deney İncelenmesi, konulu çalışmamı hazırlamamda yardımlarını esirgemeyen ve bu çalışmamın her safhasında bana yol gösteren Sayın Prof.Dr. Yaşar PANCAR'a, teşekkürlerimi sunarım.



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Difüzörler akışkanları içeri alarak, karıştırıp, hızını yeniden basınca çevirirken, jet nozulları, basınç enerjisini hıza çevirirler.	5
Şekil 2. NPEB ile verimlilik arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.	8
Şekil 3. Sıvı jet edüktörlerinde, tahmini işletme oranları.	10
Şekil 4.-A_ Ölçüm eğrisi	11
Şekil 4.-B_ Ölçüm eğrisi	12
Şekil 5. Bir edüktörün karakteristik performans eğrisi.	13
Şekil 6. Genel maksat edüktörü.	14
Şekil 7. Akışa uygun olarak şekillendirilmiş edüktör.	17
Şekil 8. Püskürtücü Nozul.	18
Şekil 9. Püskürtücü nozulların itici kapasitesi.	18
Şekil 10. Tank Karıştırıcı Edüktör.	20
Şekil 11. Oranlama Edüktörü.	20
Şekil 12. Kum ve Çamur Edüktörleri.	22

Şekil 13. Konik Edüktör.	24
Şekil 14. Dairesel Edüktörler.	26
Şekil 15. Çoklu Nozul Edüktörler.	27
Şekil 16. Santrifüj-Jet Pompası Kombinasyonu.	28
Şekil 17. Deney Techizatı Görünümü	39
Şekil 18. Deney Yapımı Sırasında Görünüm	40
Şekil 19. Atelyede Kurulan Deney Düzeneginin Şematik Görünümü	41
Şekil 20. İmal Edilen Jet Pompanın Şematik Resmi	42

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
e	Sürükleyici nozuldan önceki boşluk (İndis Olarak)
o	Emme odası (İndis Olarak)
n	Boğaz sonu, difüzör başlangıcı (İndis Olarak)
a	Jet pompa debisi (İndis Olarak)
1	İtici jet (İndis Olarak)
2	Emici jet (İndis Olarak)
f ₁	Sürükleyici jet kesiti
f ₂	Emici jet kesiti
F ₁	Karıştırma nozulu kesiti (F ₁ = f ₁ + f ₂)
F _m	Karıştırma nozulu en dar kesiti
p _m	Giriş nozulu cidarı boyunca ortalama basınç (psi)
p _a	Terminal Basınçları (psi)
p _a	Terminal Basınçları (psi)
g	Yerçekimi İvmesi 9.81 m / sn ²
γ	Özgül Ağırlık (sıvı, gaz,buhar) kgf/m ³
v	Özgül hacim
φ ₁	0.97-0.99 Hız katsayıları (Birimsiz)
φ ₂	0.92-0.99 Hız katsayıları (Birimsiz)
c	Sürükleyici nozulda giriş hızı (cm/sn)
c ₀	$\phi_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_e - p_o)}$ p _e den p _o ' a düşüşteki hız (cm/sn)
c ₁	$\phi_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_e - p_1)}$ f ₁ kesitindeki sürükleyici nozuldaki çıkış hızı (cm/sn)

c_2	$\varphi_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_0 - p_1)} = \alpha$ c_0 emilen sıvı hızı, f_2 kesitindeki sürükleyici nozula yakın noktadaki hız (cm/sn)
C_m	Karıştırma hızı (Sabit Basınçta) (cm/sn)
C_n	Difüzör girişindeki hız (cm/sn)
C_a	τ C_0 Jet Pompa çıkışındaki hız (cm/sn)
$\alpha = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \sqrt{\frac{P_0 - P_1}{P_e - P_0}}$	Hız oranları (Birimsiz)
$\nu = \frac{C_2}{C_1}, \quad \sigma = \frac{C_n}{C_0}, \quad \tau = \frac{C_a}{C_0}$	Hız oranları (Birimsiz)
$G_1 + G_2$	Jet Pompadan aktarılan sıvı ağırlığı (kg/sn.)
$\mu = \frac{G_1}{G_2}$	Ağırlık Oranları (Birimsiz)
η	0.75-0.80 Kinetik enerjiden potansiyel enerjiye dönüş verimi
η_s	Jet pompa verimi
η_d	Difüzör verimi
H_e	P_e den P_a ' a düşüşteki adyabatik ısı gradyeni (kcal / kg.)
H_1	P_e den P_1 ' e düşüşteki adyabatik ısı gradyeni (kcal / kg.)
H_2	P_0 den P_1 ' e düşüşteki adyabatik ısı gradyeni (kcal / kg.)
H_a	P_e den P_a ' ya düşüşteki adyabatik ısı gradyeni (Sürükleyici için) (kcal / kg.)
H_k	P_e den P_a ' ya artışıdaki adyabatik ısı gradyeni (Emilen gaz veya buhar için) (kcal / kg.)

H'_k	P_e den P_a' ya artışıdaki adyabatik ısı gradyeni (Buhar için) (kcal / kg.)
H''_k	P_e den P_a' ya artışıdaki adyabatik ısı gradyeni (Kısmi Gradyent) (kcal/kg.)
T	Mutlak Sıcaklık (0K)
C_p	Sabit Basınç ve sıcaklıktaki özgül hacim(kcal / kg)
C_v	Sabit Basınç ve sıcaklıktaki özgül hacim(kcal / kg)
κ	Adyabatik eksponent
R	Gaz Sabitesi
W	Nozul iç cidarındaki sürtünme kuvveti, (kgf.)
P	Hareketli tabakalar arasındaki çekim kuvveti, (kgf.)
$\tau = \frac{dp}{do}$	Hareketli yüzeyler arasındaki kesme gerilmesi (kgf/m ²)
A	Sürtünme yüzeyi (m ²)
λ	Sabit cidarlara ait sürtünme katsayısı
X	Hareketli cidarlara ait sürtünme katsayısı
ξ	Kayıp Katsayısı
V	Türlülanslı Karıştırma Hızı (m/sn.)

1. GİRİŞ

Pompalar arasında hareketli parçaları olmaması, yağlama gerektirmemesi ve her türlü işlenebilir malzemeden imal edilebilmesi gibi birçok kolaylıklarıyla Jet Pompalar öne çıkmaktadır. Kullanım alanları tek başlarına olabildiği gibi diğer bir pompaya ön hazırlayıcı olarak da olabilmektedir.

Bu çalışmada imal edilen üç farklı nozul tipine sahip pompalarla ölçümler yapılmış ve bu ölçümler sonucunda bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme göstermektedir ki; Bir Jet Pompada debi artışı nozul uzunluğu, emme yüksekliği ve uygulanan itici basınçla direkt ilintilidir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

2. POMPALARIN SINIFLANDIRILMASI

Dinamik Pompalar

1. Özel Etkili Pompalar
 - A. Jet Pompalar
 - B. Manyetik Tahrikli Pompalar
 - C. Hava Tahrikli Pompalar
 - D. Hidrolik Koçlu Pompalar
2. Santrifüj Pompalar
 - A. Çark Tipine Göre
 - I. Açık Pompalar
 - II. Yarı Açık Pompalar
 - III. Kapalı Pompalar
 - B. Kademe Sayısına Göre
 - I. Tek Kademeli Pompalar
 - II. Çok Kademeli Pompalar
 - C. Dönüş Eksenine Göre
 - I. Yatay Eksenli Pompalar
 - II. Düşey Eksenli Pompalar
 - D. Tahrik Edilmelerine Göre
 - I. Mekanik Tahrikli Pompalar
 - II. Pnömatik Tahrikli Pompalar
 - E. Düzen Yada Görünümlerine Göre
 - I. Uçtan Memeli Pompalar
 - a. Monoblok Pompalar
 - b. Şase Monteli Pompalar
 - c. Yarık Gövdeli Pompalar
 - d. Çift Salyangoz Pompalar
 - e. Vorteks Pompalar
 - II. Pervaneli Ve Türbin Pompalar
 - a. Düşey Milli Pompalar
 - b. Hermetik Pompalar
 - c. Dalgıç Pompalar
 - d. Rejeneratif Pompalar
 - e. Pervaneli Pompalar
 - I. Eksenel Akışlı Pompalar
 - II. Karmaşık Akışlı Pompalar
 - III. Özel Pervane Pompalar

Yer Değiştirmeli Pompalar

1. İleri-Geri Hareketli Pompalar

A. Diyaframlı Pompalar

I. Tek Diyaframlı Pompalar

II. Çok Diyaframlı Pompalar

B. Pistonlu Pompalar

I. Konstrüksiyonuna Göre

a. Akışkanı Pompalama Hareketine Göre

I. Tek Etkili Pompalar

II. Çift Etkili Pompalar

b. Piston Tipine Göre

I. Klasik Pompalar

II. Plunger Pompalar

c. Silindir Konumuna Göre

I. Yatay Pompalar

II. Düşey Pompalar

d. Silindir Sayısına Göre

I. Tek Silindirli Pompalar

II. Çift Silindirli Pompalar

III. Çok Silindirli Pompalar

II. Çalıştırma Şekline Göre

a. El İle Çalıştırılan Pompalar

b. Kayış-Kasnak Tertibatlı Pompalar

c. Motopompalar

d. Buhar Veya Hava Tahrikli Pompalar

2. Döner Pompalar

A. Paletli Pompalar

I. Rotoruna Göre

a. Rijit Pompalar

b. Esnek Pompalar

II. Debisine Göre

a. Sabit Pompalar

b. Değişken Pompalar

III. Paletine Göre

a. Kayar Pompalar

b. Yuvarlanan Pompalar

IV. Odacık Tipine Göre

A. Tek Odalı Pompalar

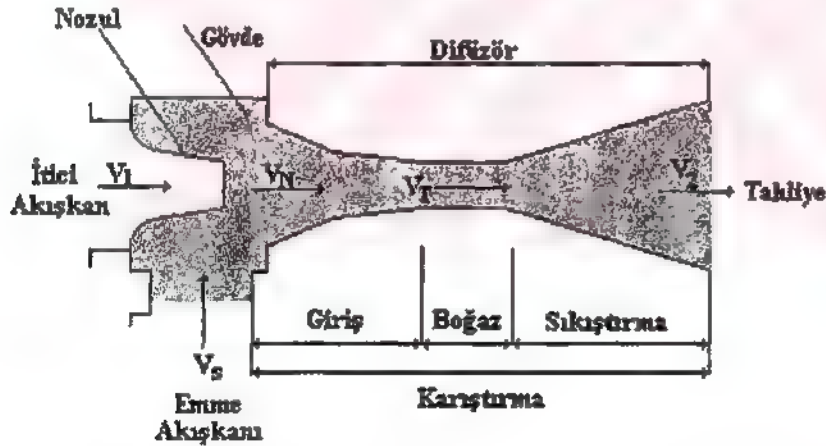
B. İki Odalı Pompalar

c. Üç Odalı Pompalar**B. Dişli Pompalar****I. İçten Dişli Pompalar****II. Dıştan Dişli Pompalar****C. Döner Pistonlu Pompalar****I. Eğimli Plakalı Pompalar****II. Wobble Plakalı Pompalar****III. Çevresel Pistonlu Pompalar****D. Lob Rotorlu Pompalar****I. Roots Pompalar****II. Tekli Pompalar****III. Çoklu Pompalar****E. Vidalı Pompalar****I. Tek Vidalı Pompalar****II. İki Vidalı (Zamanlamalı) Pompalar****III. Üç Vidalı (Zamanlamasız) Pompalar****F. Peristaltik Pompalar****I. Esnek Çarklı Pompalar****II. Esnek Hortumlu Pompalar****III. Esnek Gömlekli Pompalar**

3. JET POMPALAR

3.1. Jet Pompa Prensipleri

Jet pompa tanımı, yada ejektör, hareketli parçası olmayan ve kontrollu şartlar altında akışkanlara hareket veren sistemleri açıklar. Özellikle, itici kuvvet, mümkün olan en yüksek hızı sağlayacak şekilde tasarlanmış, bir nozulun içinden geçen, bir akışkan hüzmesi tarafından sağlanır. Yüksek hızlı çıkış jeti, emme akışkanın karıştırma odacığına akışını sağlayarak, bu bölgede bir düşük basınç bölgesi meydana getirir. İdealde bu noktada itici ve emme akışkanlarının ortalama hızlarında hareket eden ve tam karışmış bir akışkan sağlayan bir momentum değişimi vardır. Difüzör, hızı derece derece azaltacak ve tahliye bölgesinde mümkün olan en az kayıpla enerjiyi basınca çevirecek şekilde biçimlendirilmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere, ejektörün üç temel parçası, nozul, difüzör ve emme odacığı yada gövdedir.



Şekil: 1. Difüzörler akışkanları içeri alarak, karıştırıp ve hızını yeniden basınca çevirirken, jet nozulları, basınç enerjisini hıza çevirirler. [Ref: Pump Handbook]

Terimleri açıklanması:

Ejektör: Emme ve itici basınçları ortalama bir basınçta tahliye eden jet pompaların genel adıdır.

Edüktör: Bir akışkanı itici olarak kullanan, bir sıvı jet pompası.

Enjektör: Girişte yoğunlaşabilen bir gaza kullanan özel bir jet pompa.

Jet Kompresör: Gazların basıncını artırmada kullanılan bir gaz jet pompasıdır.

Sifon: Yoğunlaşabilen normal su buharını, itici akışkan olarak kullanan sıvı jet pompasıdır.

3.2. EDÜKTÖRLER

Teori ve Tasarım : Edüktör teorisi Bernoulli denkleminde türetilmiştir. Çevirici tipli bir nozuldan, akışın serbestçe geçmesini sağlayarak, nozul girişindeki statik basınç, kinetik enerjiye çevrilir. Sonuçta elde edilen yüksek hızlı akış, emme odasında emme akışına, orta hızlı karışmış akışkan hızı olarak dahil olmuştur. Böylece difüzör kesiti, edüktör çıkışında, hızdan dolayı oluşan basıncı, yeniden statik basınca çevirir. Bernoulli denklemini, bir edüktörün nozulunda, itici akışkan olarak yazacak olursak;

$$\frac{P_1}{W_1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{W_1} + \frac{V_N^2}{2g}$$

Burada, P_1 = Akıntıyla ters yönlü statik basınç

P_2 = Nozul ucunda statik basınç

V_1 = Nozulda akıntıyla ters yönlü hız

V_N = Nozul orifisindeki hız

W_1 = İtici akışkanın özgül ağırlığı

Nozulun akıntıyla ters yönlü akışında, bütün enerjinin statik olduğu düşünülebilir. Bu kabulle beraber, V_1 hız terimi ihmal edilebilir. Böylece;

$$\frac{V_N^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{W_1} \text{ olur.}$$

Bu terim çalışma başı olarak adlandırılır.

Difüzör boyunca, nozuldaki etkinin ters yönlü olması dışında, birbirine karışmış akışa aynı prensiplerin geçerli olduğu düşünülebilir. Böylece;

$$\frac{P_s}{W_2} + \frac{V_T^2}{2g} = \frac{P_2}{W_2} + \frac{V_2^2}{2g} \text{ elde edilir.}$$

Burada; P_s = Emmedeki statik basınç

P_2 = Çıkıştaki statik basınç

V_1 = Difüzör boğazında hız

V_2 = Akışla aynı yönlü hız

W_2 = Karışmış akışkanın özgül ağırlığı

Çıkıştaki hızın statik başa dönüştürüldüğü düşünülebilir, böylece $V_2=0$ olur ve

$$\frac{V_T^2}{2g} = \frac{P_2 - P_s}{W_1} \text{ elde edilir.}$$

Bu terim çıkış başı olarak tanımlanır.

R_H baş oranı, çalışma başının, tahliye başına oranı olarak düşünülebilir.

$$R_H = \frac{\frac{V_N^2}{2g}}{\frac{V_T^2}{2g}} = \frac{V_N^2}{V_T^2} = \frac{\frac{P_1 - P_s}{W_1}}{\frac{P_2 - P_s}{W_2}} = \frac{(P_1 - P_s)W_2}{(P_2 - P_s)W_1} \quad (5)$$

Oranlardaki karmaşayı önlemek ve kolay işlem yapılmasını sağlamak için, özgül ağırlık değeri ve yerçekimi ivmesi değeri yer değiştirebilir. _ Böylece (5) no'lu denklem

$$R_H = \frac{(P_1 - P_s)}{(P_2 - P_s)} \frac{W_1}{W_2} \text{ denklemi halini alır.}$$

$H_1 - H_s$ = Çalışma başı

$H_2 - H_s$ = Tahliye başı

Giriş şartları temel momentum denklemi ile tarif edilirler. Bu denklemi yazacak olursak;

$$M_I V_N + M_S F_S = (M_I + M_S) V_T \text{ olur.}$$

Burada;
 M_I = İtici akışkan kütlesi
 M_S = Emme akışkan kütlesi
 V_N = Nozul çıkışında hız
 V_S = Emme girişinde hız
 V_T = Difüzör boğazında hız

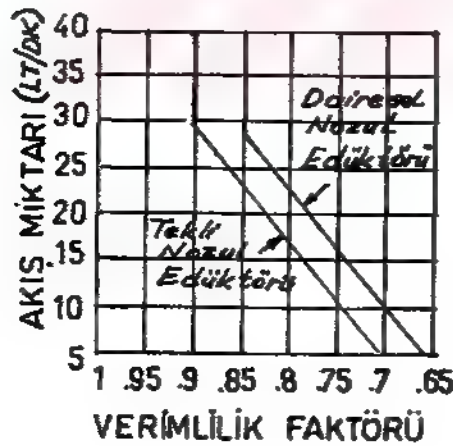
Emme girişindeki hızın yaklaşık değerinin sıfır olduğu düşünülür ve denklem bu haliyle yeniden düzenlenirse;

$$M_S = M_I \left(\frac{V_N}{V_I} - 1 \right) \text{ olur ve burada } \frac{V_N^2}{V_I^2} \text{ değerinin } R_H \text{ baş oranı olarak}$$

tanımlandığına dikkat etmek gerekir. R_q , hacimsel oranı basitçe;

$$\frac{Q_S}{Q_I} = R_q = \frac{W_1}{W_2} \text{ olur.}$$

Burada,
 Q_S = Hacimsel ünitelerde emme akışkanı
 Q_I = Hacimsel ünitelerde itici akışkan olarak ele alınır.



Şekil 2. NPEB ile verimlilik arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.
 [Ref: Pump Handbook]

Edüktörün maksimum teorik performansı yukarıda belirtilen denklemlerden faydalanarak hesaplanabilir. Pratikte ise durum farklılık göstermektedir. İki akışkanın

karişmasına ve difüzördeki sürtünme kayıplarına bağlı olarak enerji kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar, maximum teorik performansı düşürmek için amprik bir faktörün kullanılmasıyla hesaplanabilir. Şekil 2., tek bir nozul ve dairesel nozul edüktörleri için bu faktör ve net pozitif emme başı (NPEB), arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Dairesel bir nozul edüktöründe, itici akışkan, emme akışkanı çevresinden , ya bir nozullar yüzüğü tarafından yada difüzörün iç duvarı ile emme nozulunun dış duvarı arasında oluşturulan bir daireden giriş yapar. NPEB, edüktörün orta hattında, edüktör karıştırma odacığına giren akışkana hareket kazandırmak ve bu hareketi hızlandırmak için uygun olan baştır. NPEB, her bir feet'teki toplam akışın başıdır ve;

$NPEB = \text{Atmosfer basıncı} - \text{emme basıncı} - \text{emme yada itici akışkanın buhar basıncı}$ dır.

Yukarıdaki formülde emme yada itici akışkan basınçlarından hangisi daha büyükse, o değeri almak gerekmektedir.

Verim faktörü R_w , denkleme aşağıda gösterildiği dahil edilir.

$$R_w = \varepsilon \sqrt{R_H} - 1. \text{ Burada } \varepsilon, \text{ verimlilik faktörüdür.}$$

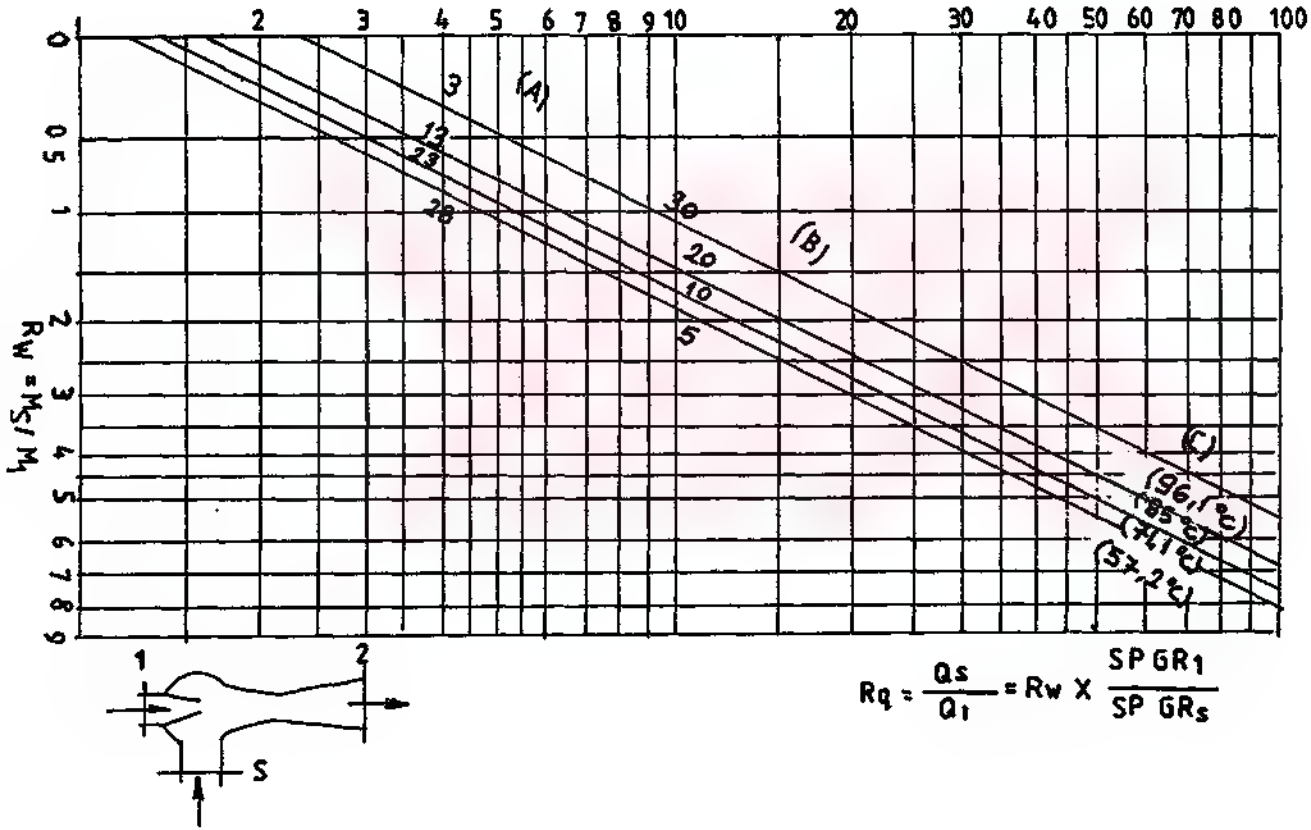
Bu denklem çalışma parametrelerinden itici miktarı yada basıncın hesaplamada kullanılır. Nozul ve difüzör çapları;

$Q = W \cdot A \cdot V$ denkleminde uygun nozul ve difüzör giriş katsayılarının hesaplanmasıyla elde edilir.

Tasarımdaki ana problemler, karıştırma odasının boyutları ve oranlarıyla beraber, nozul ve difüzör arasındaki uzaklıkla ve de difüzörün uzunluğuyla ilgilidir. Edüktör tasarımları, uzunluk ve şekil için teorik bilgilere ve amprik ifadelere bağlıdır. Birçok, kullanılan verimli ünite, prototip testinden sonra oldukça değiştirilmiş, hesaplanmış tasarımlardan geliştirilmişlerdir.

İtici yada emme akışkanının yükseltilmiş viskozitesi, sürtünmeyi ve momentum kayıplarını artırır. Bundan dolayı Şekil 2' de gösterilen verimlilik faktörü düşme gösterir. 20 Centipoise' nin altında, ϵ' nun, %5 düşürülmesiyle verim en azdır. Bu değerin üstünde ise, performans kaybı çok daha fazla dikkat çekicidir. Burada amprik girdi ve ön testler ölçümlendirme parametrelerini belirlemek için kullanılırlar.

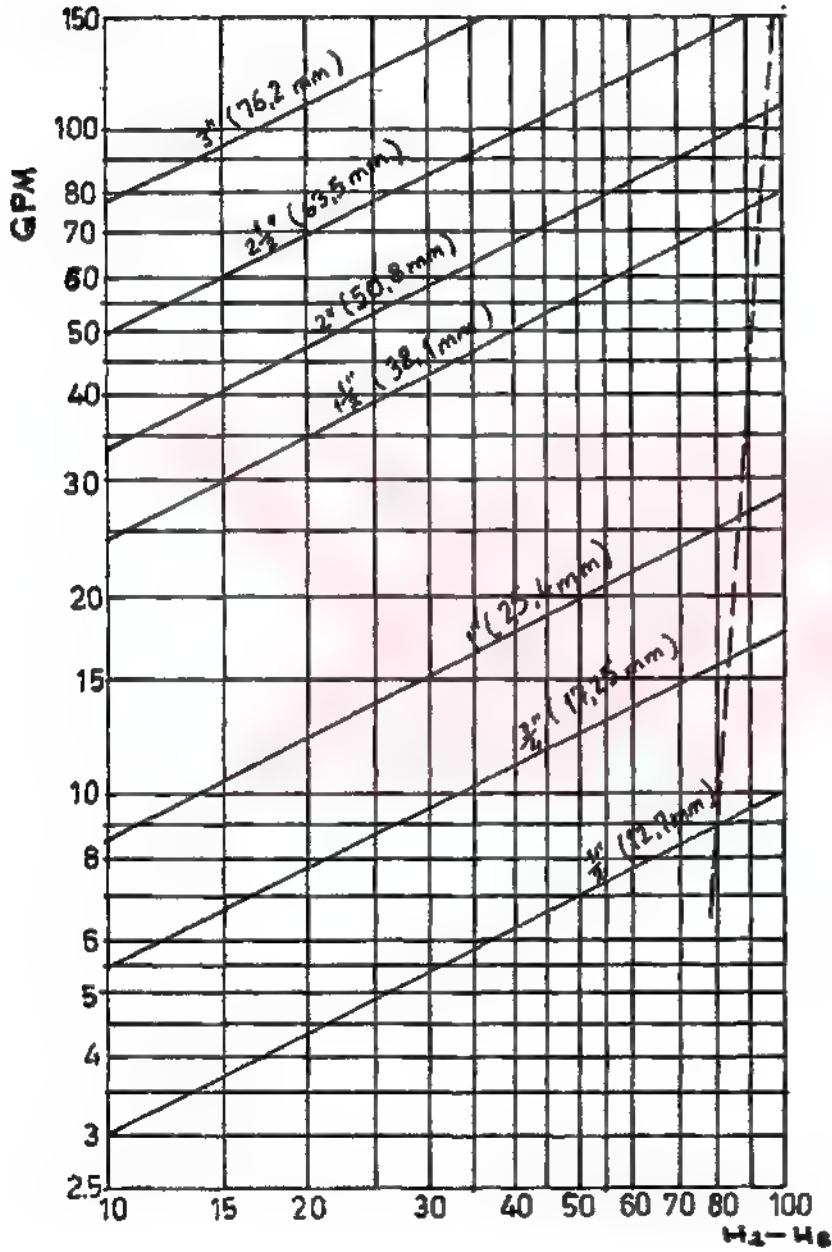
Şekil 3, değişik kaldırma şartları için, R_w çalışma oranı ile, R_H baş oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Verimlilik faktörü ise bu eğrinin içine dahil edilmiştir.



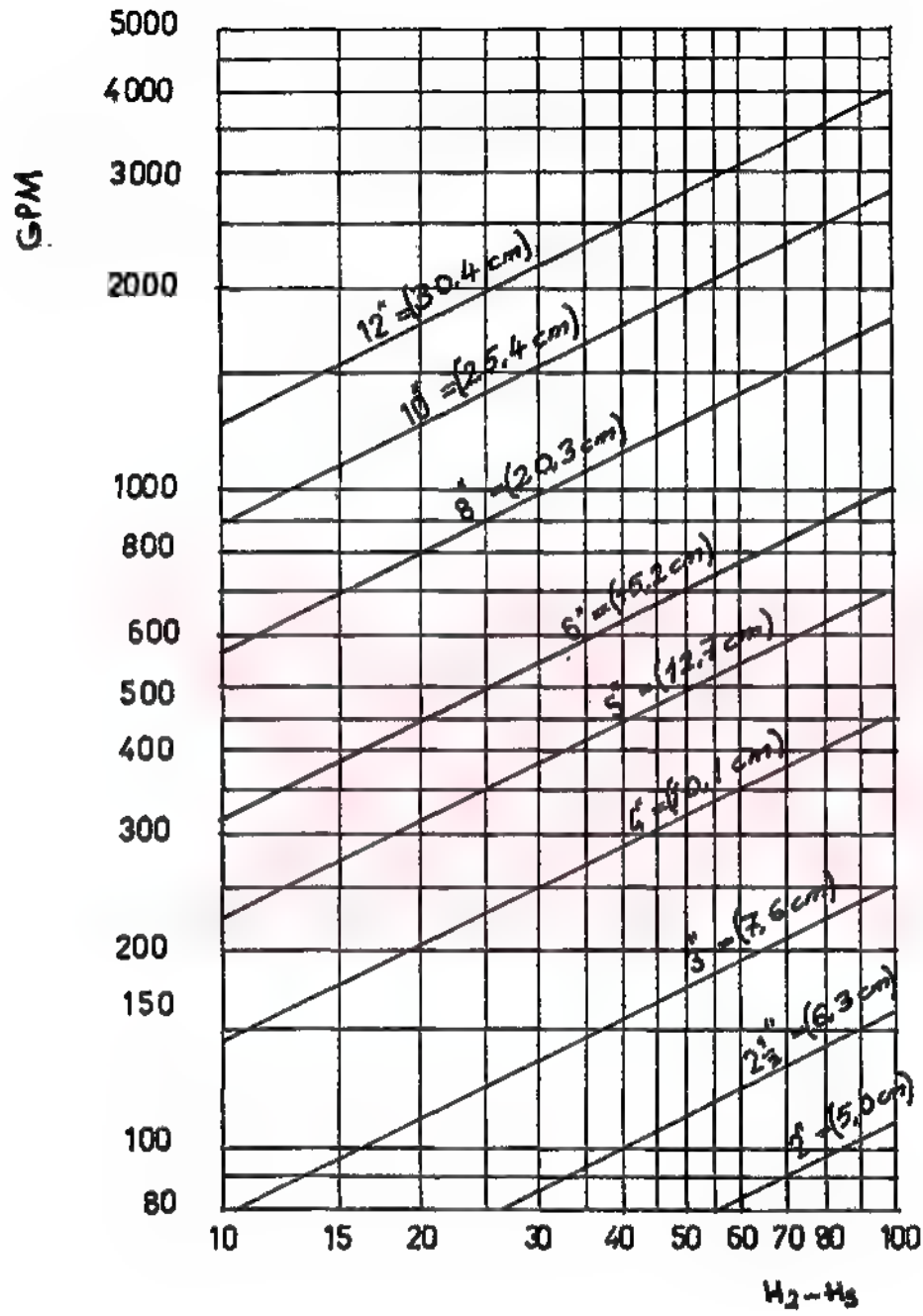
Şekil 3. Sıvı jet edüktörlerinde, tahmini işletme oranları. Bir edüktör sadece bir baş oranı için tasarlanabilir. [Ref: Pump Handbook]

Edüktörün, son boyutu, çıkış hattı ve buna bağlı olarak normal boru hattı hızları (0.9 m/s'den 3 m/s.'ye kadar) temel alınarak tespit edilmiştir.

Şekil 4-A ve 4-B, edüktör boyutunun tahmini ölçüleri için kullanılırlar.



Şekil 4-A Ölçüm eğrisi [Ref: Pump Handbook]



Sekil 4-B Ölçüm eğrisi [Ref: Pump Handbook]

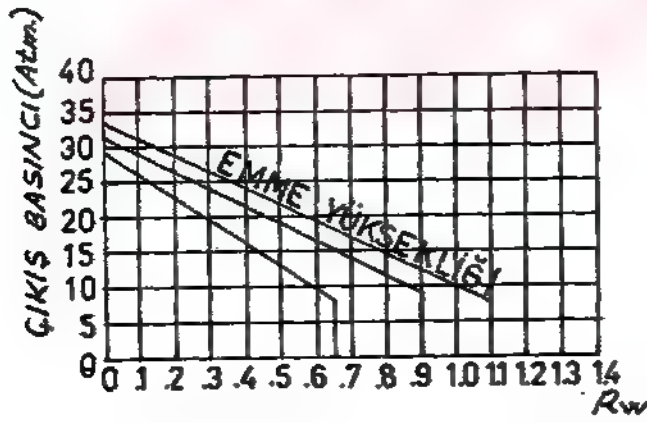
3.3. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ:

Şekil 5, edüktörün performans karakteristiklerini gösterir. Burada, tasarım noktasının altındaki keskin düşüş dikkat çekicidir. Bu nedenle, bütün edüktörler, bir zirve verimliliği için tasarlanırlar.

Çok sık olarak bu, bir zirve performansı yerine düşük verimlerde, yüksek bir performans aralığı elde etmek için, avantajlıdır ama bu aralık oldukça sınırlıdır.

3.4. AVANTAJLAR

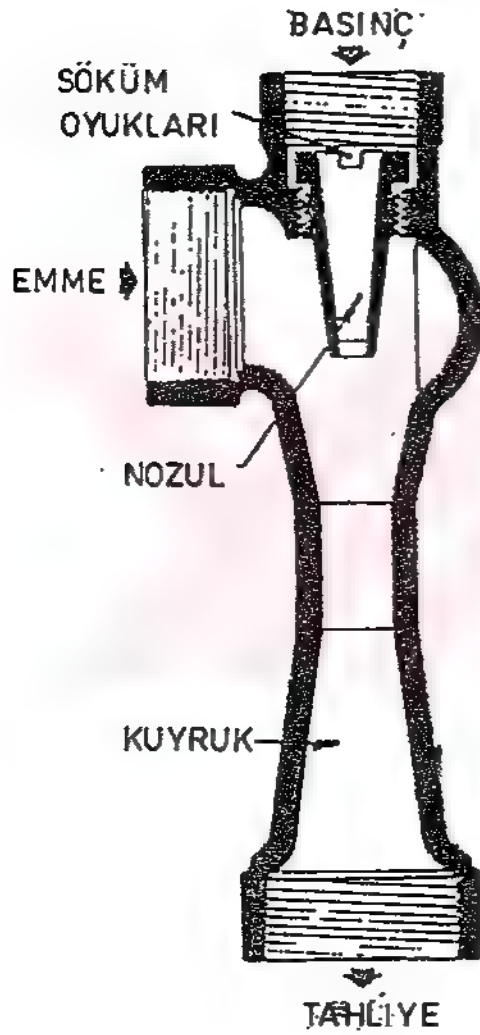
Kendi kendine hareket kazandırmasının yanı sıra, hareketli parçalarının olmaması, yağlama gerektirmemesi, teflon, ısıya dayanıklı cam ve fiberglas gibi özel malzemelerden olduğu gibi, herhangi bir işlenebilir malzemeden imal edilebilmesi gibi birçok avantajları vardır. Endüstride jet pompasının kullanım alanlarını anlatmak oldukça yer tutar ancak burada genel olarak uygulamalardan bahsedilecektir. Ancak kullanılacak edüktörün tipi, istekli servis tarafından belirlenmektedir.



Şekil 5. Bir edüktörün karakteristik performans eğrisi
[Ref: Pump Handbook]

3.5. GENEL MAKSAT EDÜKTÖRLERİ

Tablo 1, pompalama ve karıştırma işlemlerinde kullanılan genel maksat edüktörleri için kapasite değerlerini göstermektedir. Bu tip edüktörler Şekil 6' da gösterilmektedir ve yüksek verimlilik yerine geniş performans aralığına sahip olan edüktörlerdir.



Şekil 6. Genel maksat edüktörü [Ref: Pump Handbook]

Genel maksat edüktörleri için standart malzemeler;

- Dökme Demir
- Bronz
- Paslanmaz Çelik
- PVC' dir.

Genel maksat edüktörleri için kullanım yerleri;

- Yoğuşturucu Tahliyesi
- Foseptik Çukurları
- Derin Kuyular
- Gemilerden Sintine Suyu Tahliyesi

Şekil 7, daha yüksek emme yükseklikleri yada tanecikli akışkan kontrolunu gerektiren uygulamalar için daha da elverişli versiyonları göstermektedir. Bu tip edüktörler vakum altındaki kaplardan yoğunlaşmış sıvının tahliyesinde kullanılır. Bu edüktörlerin sadece 0.60 m NPEB gerektirmesi ve mekanik pompalardan daha küçük olması sebebiyle daha az yer işgal etmeleri de avantajdır.

EMME YÜKSEK LİĞİ (m)	ÇIKIŞ BASINCI (atm)	İŞLEM	STANDART 2.54 CM. SU JETİ EDÜKTÖRÜ KAPASİTESİ, (lt/dak.)							
			İŞLEM SU BASINCI, (atm)							
			0.703	1.406	2.109	2.812	3.515	4.218	5.624	7.030

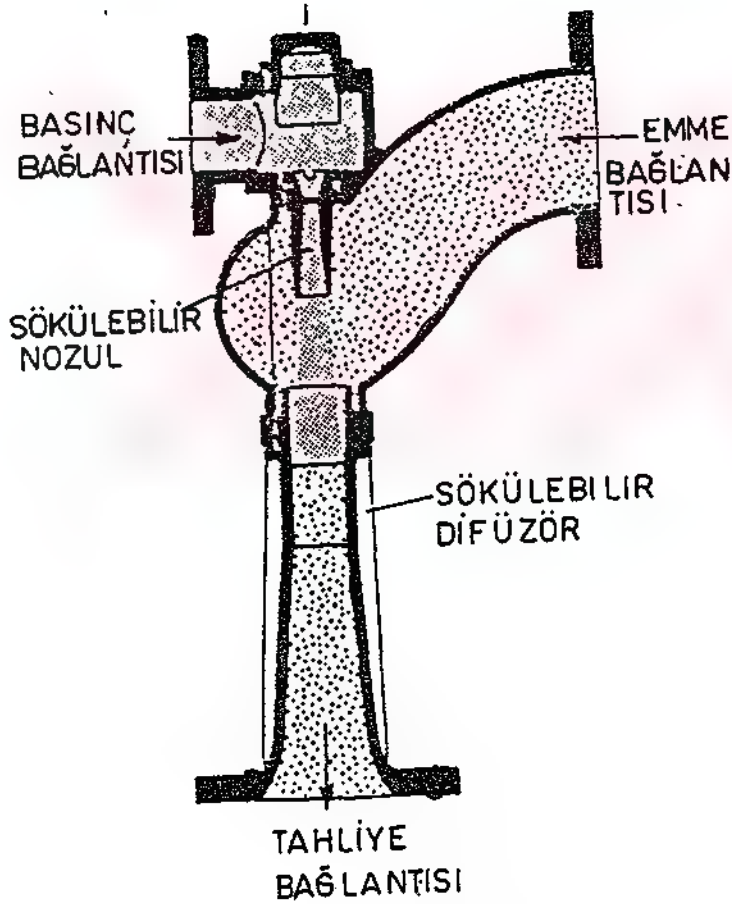
0	0	EMME	0.41	0.56	0.66	0.70	0.84	0.84	0.84	0.84
		BASMA	0.24	0.35	0.42	0.49	0.55	0.61	0.70	0.77
	0.3	EMME		0.09	0.28	0.42	0.56	0.70	0.77	0.84
		BASMA		0.34	0.47	0.49	0.55	0.60	0.70	0.77
	0.7	EMME			0.01	0.16	0.33	0.44	0.61	0.77
		BASMA			0.41	0.47	0.54	0.59	0.68	0.77
	1	EMME					0.08	0.59	0.41	0.60
		BASMA					0.54	0.59	0.68	0.77
	1.4	EMME						0.02	0.24	0.41
		BASMA						0.57	0.68	0.77
	1.7	EMME							0.05	0.27
		BASMA							0.67	0.77
	2.1	EMME								0.11
		BASMA								0.77

1.5	0	EMME	0.30	0.47	0.60	0.67	0.77	0.77	0.84	0.84
		BASMA	0.27	0.37	0.44	0.51	0.56	0.61	0.70	0.77
	0.3	EMME		0.10	0.22	0.35	0.49	0.63	0.77	0.77
		BASMA		0.36	0.44	0.50	0.56	0.61	0.70	0.77
	0.7	EMME				0.13	0.25	0.39	0.60	0.70
		BASMA				0.49	0.55	0.60	0.70	0.77
	1	EMME					0.07	0.18	0.40	0.58
		BASMA					0.54	0.60	0.69	0.77
	1.4	EMME							0.23	0.39
		BASMA							0.68	0.77
	1.7	EMME							0.03	0.25
		BASMA							0.68	0.77
	2.1	EMME								0.10
		BASMA								0.77
3	0	EMME	0.14	0.32	0.47	0.58	0.63	0.70	0.70	0.70
		BASMA	0.29	0.38	0.46	0.52	0.57	0.63	0.70	0.77
	0.3	EMME			0.14	0.30	0.41	0.54	0.69	0.70
		BASMA			0.45	0.52	0.57	0.62	0.70	0.77
	0.7	EMME				0.07	0.21	0.31	0.56	0.67
		BASMA				0.51	0.56	0.61	0.70	0.77
	1	EMME					0.07	0.14	0.39	0.51
		BASMA					0.56	0.61	0.70	0.77
	1.4	EMME							0.19	0.37
		BASMA							0.69	0.77
	1.7	EMME								0.19
		BASMA								0.77
	2.1	EMME								0.07
		BASMA								0.77
4.5	0	EMME		0.23	0.37	0.55	0.59	0.62	0.62	0.63
		BASMA		0.40	0.47	0.53	0.59	0.63	0.70	0.84
	0.3	EMME				0.28	0.34	0.51	0.60	0.63
		BASMA				0.53	0.58	0.63	0.70	0.77
	0.7	EMME					0.16	0.28	0.44	0.60
		BASMA					0.57	0.63	0.70	0.77
	1	EMME							0.29	0.47
		BASMA							0.70	0.77
	1.4	EMME							0.14	0.31
		BASMA							0.70	0.77
	1.7	EMME							0.14	0.31
		BASMA							0.7	0.77
	2.1	EMME								0.13
		BASMA								0.77
	0	EMME		0.14	0.28	0.44	0.54	0.54	0.54	0.54
		BASMA		0.42	0.49	0.54	0.60	0.65	0.77	0.84
	0.3	EMME				0.19	0.27	0.44	0.54	0.54
		BASMA				0.54	0.59	0.64	0.70	0.84

6	0.7	EMME					0.08	0.21	0.40	0.49
		BASMA					0.58	0.63	0.70	0.77
		EMME							0.25	0.37
		BASMA							0.70	0.70
	1.4	EMME							0.25	0.37
		BASMA							0.70	0.77
	1.7	EMME							0.09	0.26
		BASMA							0.70	0.77
	2.1	EMME								0.10
		BASMA								0.77

Edüktör Boyutu (mm)	12.7	19.05	25.4	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6	152.4
Kapasite Oranı	0.36	0.64	1.00	2.89	4.00	6.25	9.00	16.0	36.00

Tablo 1. Standart edüktörlerin kapasite tablosu [Ref: Pump Handbook]

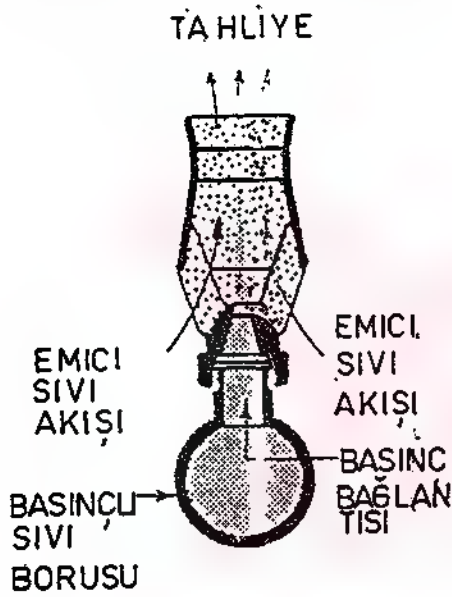


Sekil 7. Akışa uygun olarak şekillendirilmiş edüktör.

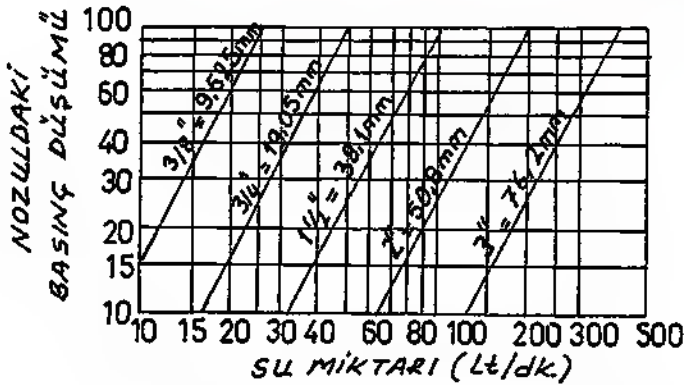
[Ref: Pump Handbook]

3.6. KARIŞTIRICI EDÜKTÖRLER

Birçok edüktörler doğal olarak karıştırıcı yapıyorken bazı edüktörlerde özellikle karıştırıcı olarak tasarlanırlar. Mekanik karıştırıcılarda, malzemeye yer değiştirici olarakta kullanılırlar ve karıştırma yapılacak tankın için yerleştirilirler. Şekil 8, edüktörlerin en basit şekilleri olan Püskürtücü Nozulu gösterilmektedir. Bu tip üniteler her 3785.43 cm^3 itici akışkan için yaklaşık olarak 11356.29 cm^3 emme akışkanı karıştırırlar. Tam bir karıştırma için nozuldan 1.406 atm ' lik bir geçiş önerilir. Şekil 9, bu tip bir edüktör için itici kapasitelerini göstermektedir. Püskürtücü Nozulları normalde sıg kaplar için kullanılırlar.



Sekil 8. Püskürtücü Nozul [Ref: Pump Handbook]



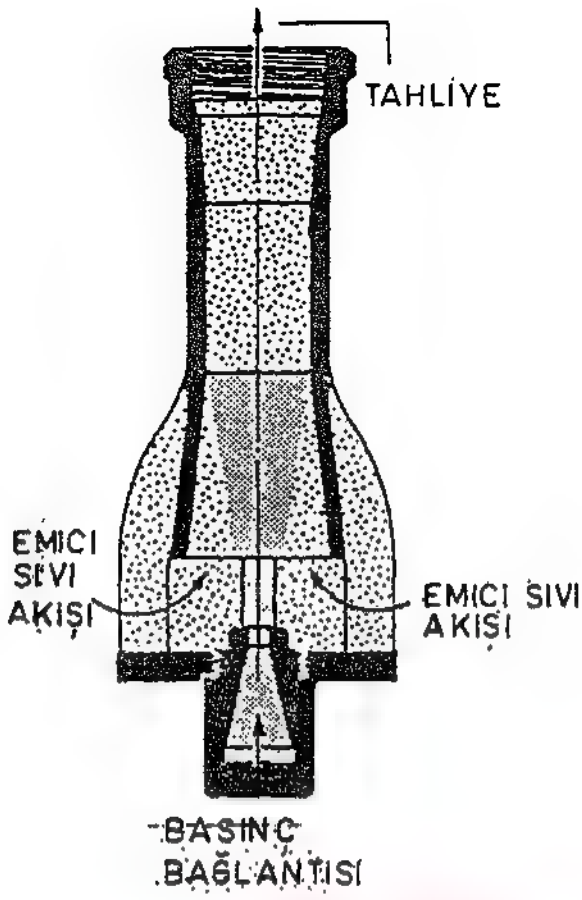
Sekil 9. Püskürtücü nozulların itici kapasitesi
[Ref: Pump Handbook]

Şekil 10, Tank Karıştırıcı olarak adlandırılan diğer bir edüktör tipini göstermektedir. Bu edüktörler, karıştırılacak sıvının altına monte edilirler. Tablo 2' de bu tip edüktörler için, itici kapasiteleri gösterilmektedir. Birimler, belirli bir karışım oranına göre, tank akışkanın miktarına göre, tespit edilmiş karışım oranına göre ve karıştırılacak kabın derinliğine göre belirlenirler.

BOYUT (mm)	İTİCİ AKIŞKAN SUYU, lt/s							
	TANKA GİRİŞ BASINÇ DEĞİŞİMİ, atm							
	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	5.6	7

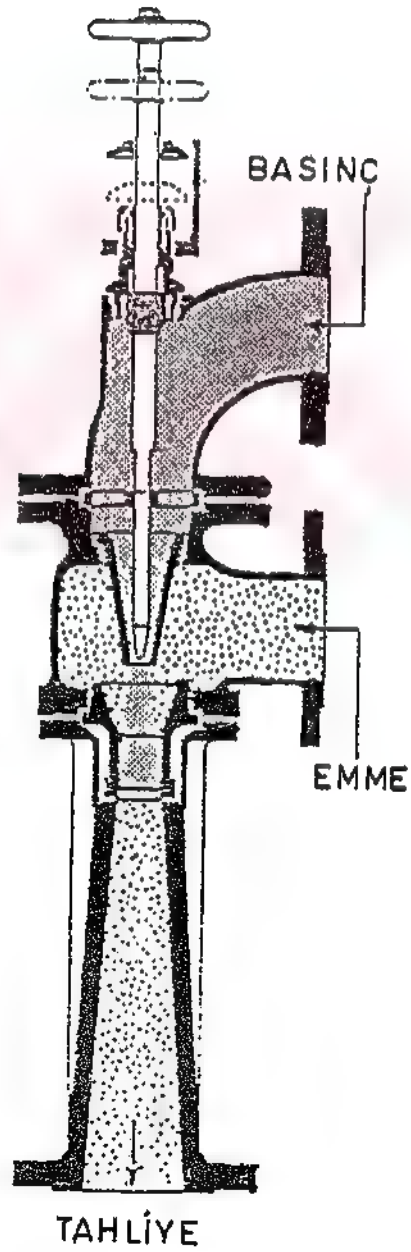
12.7	0.22	0.31	0.37	0.44	0.50	0.53	0.63	0.69
19.05	0.63	0.91	1.10	1.26	1.45	1.54	1.82	2.01
25.4	0.89	1.26	1.57	1.76	1.89	2.17	2.52	2.80
31.75	1.38	1.95	2.36	2.77	3.15	3.34	3.94	4.35
38.1	1.98	2.83	3.58	4.16	4.54	4.82	5.67	6.24
50.8	3.53	5.04	6.05	7.06	8.07	8.57	10	11
76.2	7.94	11.35	13.6	15.89	18.16	19.30	22.7	24.98
101.6	14.13	20.18	24.22	28.26	32.29	34.31	40.37	44.41
127	22.07	31.54	37.85	44.15	50.46	53.62	63.08	69.39
152.4	31.16	45.42	54.50	63.58	72.67	77.21	90.84	99.92

Tablo 2. Tank Karıştırıcı Edüktörlerin İtici Kapasiteleri
[Ref: Pump Handbook]



Sekil 10. Tank Karıştırıcı Edüktör
[Ref: Pump Handbook]

3.7. İĞNELİ EDÜKTÖRLER



Sekil 11. Oranlama Edüktörü
[Ref: Pump Handbook]

Şekil 11' de bir başka karıştırma edüktörü gösterilmektedir.

İğneli Edüktörler için tipik kullanım sahaları şunlardır;

- Kostik, oksijen yada bakır slurrileriyle, hidrokarbonları karıştırmak
- Emülsiyon üretmek

Kimyasal işlem endüstrisinde orantı sağlamak

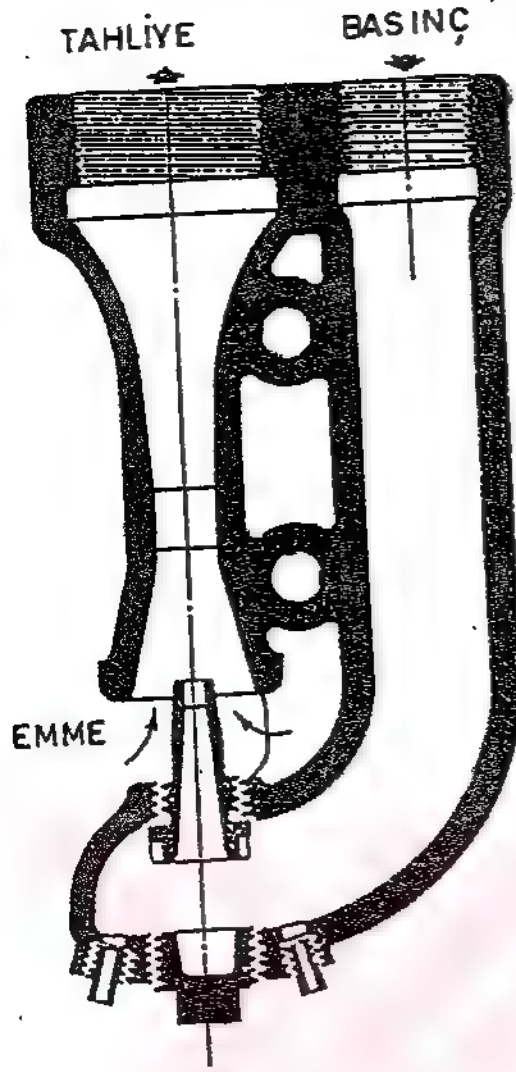
Kritik uygulamalarda bazen spindle' ı ayarlamak kapatma kontrolünü sağlamak için bir diyafram operatörlüğüyle sağlanır. Tablo 3, bu tür üniteler için tipik uygulamalardaki kapasiteleri göstermektedir.

İTİCİ AKIŞKAN	NAPHTHA	HİDROKARBON	GAZOLİN	GAZOLİN	KEROZEN
EMME AKIŞKANI	BAKIRKLORİD PARÇALARI	HİDROKARBON	İNCE ÇAMUR	SU	İNCELTİLMİŞ KEROZEN
BASINÇ, atm					
İTME	11.60	20.74	11.95	5.27	10.26
EMME	2.81	0.35	5.27	3.51	4.21
TAHLİYE	5.27	0.70	7.03	3.51	4.92
AKIŞ,lt/s					
İTME	0.13	0.04	5.67	10.72	30.40
EMME	1.26	3.65	4.66	2.64	44.15
TAHLİYE	3.15	4.28	10.34	13.37	74.56
EDÜKTÖR BOYU (mm)	38.1	76.2	101.6	101.6	152.4

Tablo 3. Oranlama Edüktörleri Kapasiteleri [Ref: Pump Handbook]

3.8.KUM VE ÇAMUR EDÜKTÖRLERİ

Şekil 12, kum, çamur yada balçık benzeri diğer doğal malzemelerin olduğu ve kolaylıkla tahliye edilemeyen, kuyular, tanklar, çukurlar, hazneler yada benzeri yerlerde pompalama işleminde kullanılan, bir kum ve çamur pompasını göstermektedir. Bu tip edüktörlerle birlikte Jetin maksimum basınç odacığının altına bir karıştırıcı nozullar yüzüğü bağlanmıştır. Bu nozullar maksimum girişi sağlamak için, basınç yaptığı jette malzemeyi karıştırırlar. Tablo 4' te bu tip edüktörler için kapasite tablosu gösterilmektedir.



Sekil 12. Kum ve Çamur Edüktörleri [Ref: Pump Handbook]

EMME KAPASİTESİ						
İŞLETME SU BASINCI, atm	2.81	3.51	4.21			
TOPLAM İTİCİ AKIŞKAN, lt/s	4.3	4.8	5.36			
NET EMME AKIŞKANI, lt/s	1.89	2.17	2.42			
MAKSİMUM TAHLİYE BAŞI, m	6.70	7.92	9.75			
EDÜKTÖR BOYU, mm	38.1	63.5	76.2	101.6	127	152.4
KAPASİTE ORANI	0.29	0.62	1.00	1.85	2.80	3.80

**Tablo 4. Kum ve Çamur Edüktörlerinin İzaflı Kapasiteleri
[Ref: Pump Handbook]**

Bu tablo, Tablo1. İle aynı amaçla kullanılabilir. İstenilen emme akışı uygun bir itici basınç altında, Tablo 4' ten seçilen emme kapasitesi tarafından bölünür. Bu değer kapasite oranıdır. Böylece karar verilen geçerli kapasiteler, tablodaki değerlerden seçilen edüktörün, kapasite oranıyla çarpılmasıyla elde edilir. Maksimum tahliye başı tablodan okunur.

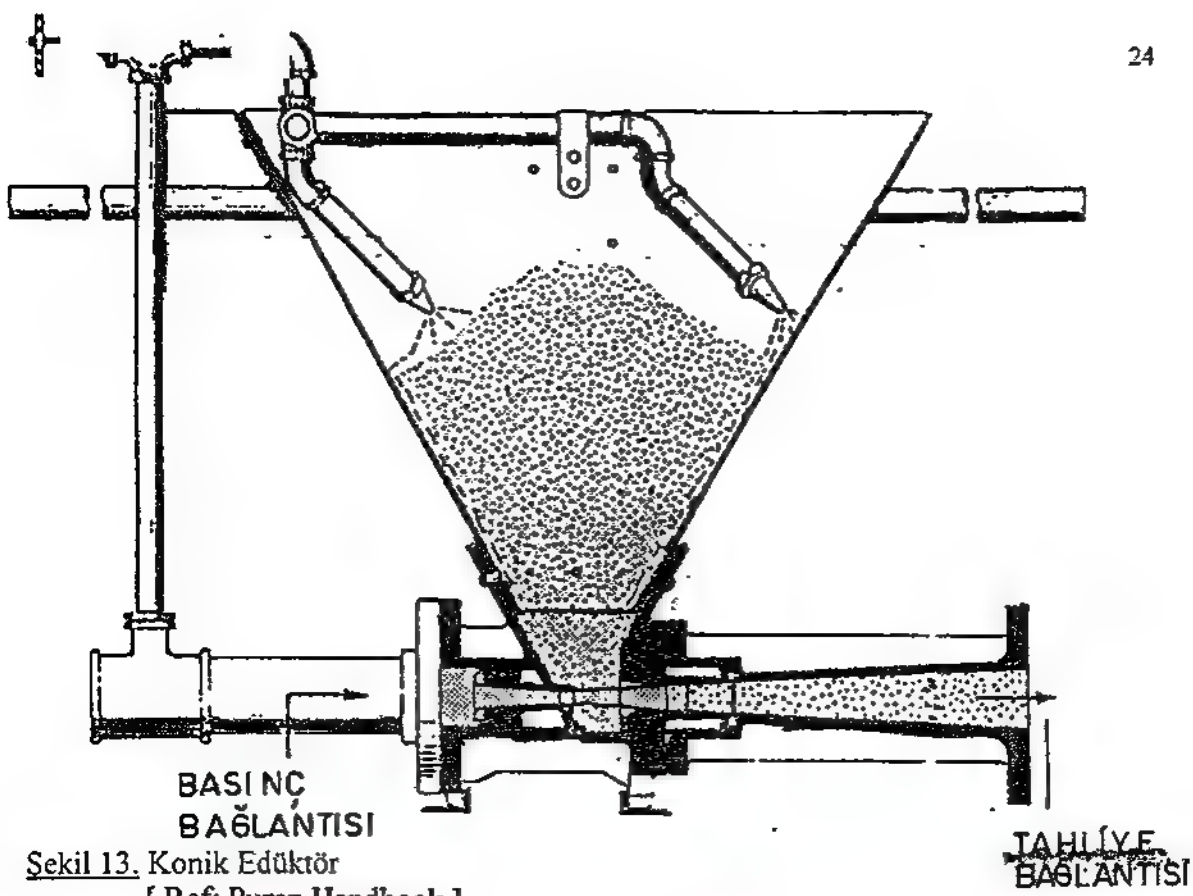
3.9. KATI UYGULAMA EDÜKTÖRLERİ

Şekil 13. Zıplıncı Edüktörler olarak adlandırılan özel tip bir edüktörü göstermektedir.

Katı Uygulamalı Edüktörler için kullanım sahaları şunlardır;

- İnce çamurların tahliyelerinde
- Granular formdaki kuru katılardaki uygulamalarda
- Tank diplerindeki balçık tahliyelerinde
- Filtre yataklarındaki kumların pompalanmasında
- Granular malzemelerin yıkanmasında yada taşınmasında kullanılırlar.

Tipik edüktör yapısı, sertleştirilmiş çelik nozulla beraber dökme demir ve boğaz kovanlarıdır. Uygulamada aşağı yönlü yıkama amaçlı nozullar, zıplayıcı taraflarda yumuşak akışı sağlarlar. Böylece malzeme aktarımı esnasında malzemenin dışarı çıkmasını önler ve aynı zamanda aşırı hava miktarına karşı sızdırmazlık görevi yapmış olurlar. Bu sızdırmazlık olmazsa, Tablo 5' te gösterilen kapasiteler yaklaşık olarak üçe bölünmelidir. Tablo 6, bu edüktörlerde uygulamaya alınan malzemeleri ve onların hacimsel yoğunluklarını göstermektedir. Konik Tipli edüktörler için kapasite tablosunun kullanılması tablo 1 ve tablo 4' ün kullanılmasıyla aynıdır, bundan ancak feet küp olarak ifade edilen , gerekli emme miktarları hariç tutulmalıdır. Kapasite oranı tablodaki değerin gerekli emme akışına oranı ile elde edilir ve bir büyük değerli edüktör seçilir.



Şekil 13. Konik Edüktör
[Ref: Pump Handbook]

İŞLETME SU BASINCI, atm	2.10	2.81	3.51	4.21
EMME KAPASİTESİ, m ³ /saat	4	11	22	27
MAKSİMUM TAHLİYE BASINCI, atm	0.98	1.19	1.26	1.40
İTİCİ AKIŞKAN SARFIYATI, lt/s	2.20	2.52	2.83	3.15

*Aşağı yönlü nozullardan yaklaşık olarak %10 itici akışkan geçtiği düşünülerek.

EDÜKTÖR BOYU, mm	38.1	50.8	76.2	101.6	152.4
KAPASİTE ORANI	1.00	1.60	3.50	6.00	18.00

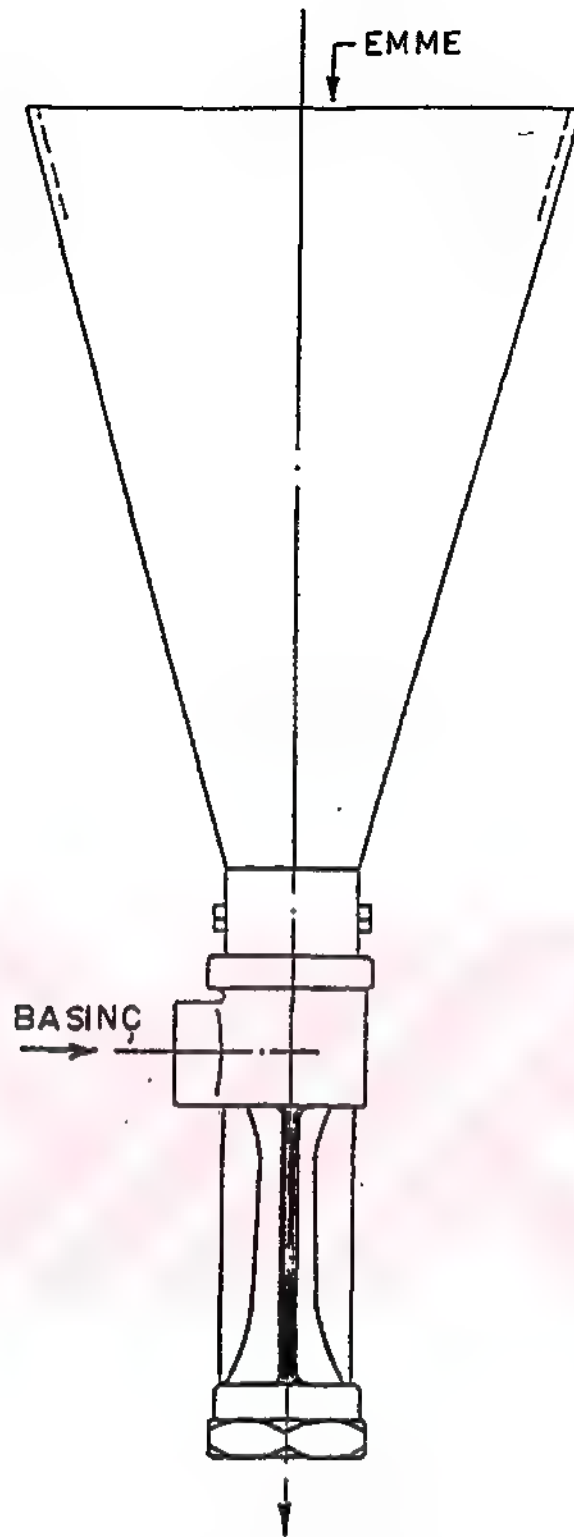
Tablo 5. Konik Tipli Edüktörlerin, İzafi Kapasiteleri
[Ref: Pump Handbook]

Bir diğer katı uygulamalı edüktör Şekil 14' te gösterilmiştir. Dairesel orifis edüktörleri, malzemenin ıslandığı zaman toplandığı yada sakızlanma eğilimi gösterdiği yerlerde kullanılırlar. Bu üniteye karışım boğazda oluşur ve alet tamamen engellenmeye karşı korunaklıdır. Normalde bu ünite direk olarak tankın karşısına ve tahliye edilecek karışımın içine yerleştirilir. Tablo 7, bu tip bir ünite için kapasiteleri göstermektedir. Bu tip edüktörlerin üniteleri, sert katılardan ıslak katılara kadar karıştırma ve uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır.

karşı korunaklıdır. Normalde bu ünite direk olarak tankın karşısına ve tahliye edilecek karışımın içine yerleştirilir. Tablo 7, bu tip bir ünite için kapasiteleri göstermektedir. Bu tip edüktörlerin üniteleri, sert katılardan ıslak katılara kadar karıştırma ve uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır.

MALZEME	YAKLAŞIK YOĞUNLUK, kg/m ³
BORAX	800-880
MANGAL KÖMÜRÜ	290-450
SİLİSLİ TOPRAK	160-320
KİREÇ, ÇAKIL HALİNDE	890
KİREÇ, TOZ HALDE	510-640
LAPA	960-1050
UÇAN KÜL	560-640
REÇİNE	1075
GRANÜL HALDE TUZ	720-820
TAŞ HALDE TUZ	1120-1280
NEMLİ KUM	1200-1360
KURU KUM	1450-1600
KURU TALAŞ	210
HAFİF SODA KÜLÜ	320-560
KURU SODYUM NİTRAT	1280
TOZ HALDE KUKURT	800-960
BUĞDAY	770
KURU, TOZ HALDE, ÇİNKO OKSİT	160-560

Tablo 6. Konik Yapılı Edüktörler Tarafından İşleme Tabi Tutulan Tipik Malzemeler.



Sekil 14. Dairesel Edüktörler

[Ref: Pump Handbook]

Tablo 5 ve Tablo7, kapasiteleri göstermektedir ve benzerdir. Daha öncede arz edildiği gibi bu tablolardan seçim metodları aynıdır.

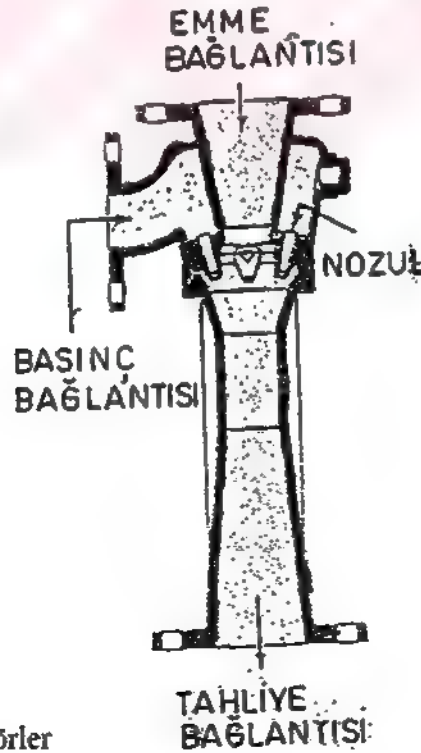
EDÜKTÖR BOYU.mm	31.75	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6
KAPASİTE ORANI	0.62	1.00	1.43	2.86	4.76	8.80

İTİCİ BASINCI, atm	2.10	2.81	3.51	4.21	4.92	5.62	6.32	7.03
KARIŞIM, m ³ /saat	0.80	2.16	4.38	5.45	6.18	6.70	6.98	7.25
İTİCİ AKIŞ.lt/s	0.80	0.92	1.02	1.12	1.21	1.30	1.38	1.45

Tablo 7. Dairesel Edüktörlerin, İzafi Kapasiteleri
[Ref: Pump Handbook]

3.10. ÇOKLU NOZUL EDÜKTÖRLER

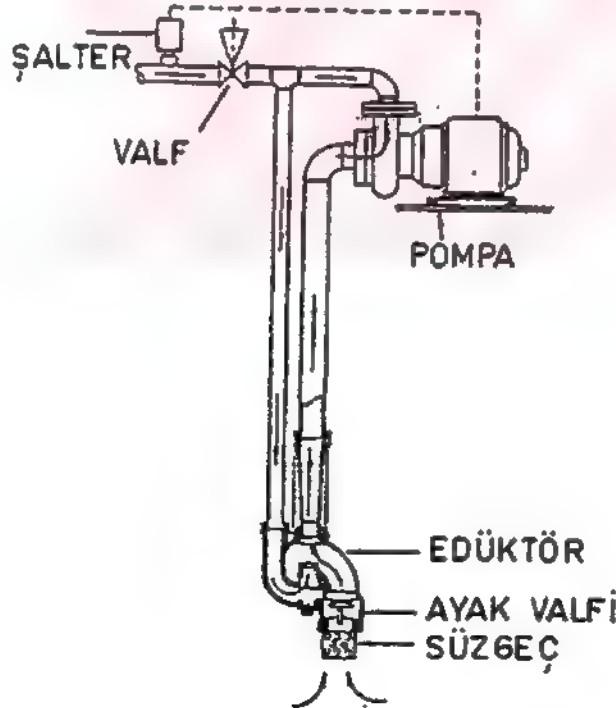
Şekil 15, emme akışkanının tam katılar ve yarı katılar içerdiği yerlerdeki, özel kullanımlar için tasarlanmış çoklu nozul edüktörlerini göstermektedir. Bu öncelikle düşük tahliye başlarındaki geniş akışlar için kullanılmaktadır. (Bu ünitelerin izafeten, geniş hava uygulamaları olması sebebiyle, dredging pompaları gibi pompalardan önce kullanılmak için oldukça uygundur. Bu yerlerde hava paketleri, dredging pompalarının işlevlerini kaybetmelerine yol açabilir.) Bu edüktörler baş oranı için temel eşitliklerin kullanılmasıyla elde edilirler.) Uygun verimlilik faktörleri, Şekil 2' den seçilir ve hacimsel akış oranı hesaplanır. Şekil 4' Tahliye akışının belirlenme işleminden sonra, edüktörü boyutlandırma kullanılır.



Şekil 15. Çoklu Nozul Edüktörler
[Ref: Pump Handbook]

3.11. DERİN KUYU EDÜKTÖRLERİ

Şekil 16' da gösterilen edüktörler, ticari amaçlı ve yerleşim yerlerinde bulunan, derin kuyulardaki su kaynaklarından su tahliyesi için, bir mekanik pompayla birleşik olarak kullanılırlar. Edüktör, suyu barometrik düzeyin altından, yüzeydeki itici pompaya ulaştırır. Böylece yüzeydeki pompa için suyun aktarım işlemi kolaylaşmış olur. Uygulamada edüktör, itici pompanın emme ve tahliye kısımlarına hortumlarla bağlanmış ve kuyu haznesine bırakılmıştır. Başlangıç hareketinin, edüktörün emme kısmındaki bir valf vasıtasıyla verilmesi gerekir. Yüzeydeki pompa aktif hale geçince, edüktör boyunca basınç suyu, kuyudan gelen suya karışır. Böylece akışkan mekanik pompa tarafında yüzeye taşınmak için yeterli yüksekliğe çıkarılmış olur. Yüzeydeki bir by-pass valf, bir geri dönüş tankına emilen miktardaki akışkanı yönlendirir. Bu ünitelerin kapasiteleri, santrifüj pompanın verimliliğine ve kuyunun derinliğine bağlıdır. Standart bir ticari ünite, 1" basınç ve 1 1/4" tahliye bağlantılarına ve değişik derinlikler için kullanılan, kullanılan birçok değişik nozul ve difüzör kombinasyonlarına sahiptir.



Şekil 16. Santrifüj-Jet Pompası Kombinasyonu

[Ref: Pump Handbook]

3.12. HAZIRLAYICI EDÜKTÖRLER

Edüktörler sıklıkla mekanik, pompalar için ön hazırlık cihazları kullanılırlar. Bu uygulamada edüktörler, sudan ziyade havayı hareket ettirmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Sıvı jetler, yoğunlaşmayan akışkanların tahliyesi için uygun değillerdir ve bu nedenle kapasiteleri düşüktür. Yoğuşuturcu su kutuları gibi daha fazla hacimler gerektiğinde bir tahliyeciyi kullanmak uygun olur.

Şekil 6' daki su jeti edüktörü jet-nozulun katı-konik sprej nozuluyla yer değiştirmesiyle birlikte, su-jeti tahliyecisi halini alır. Böyle bir ünite için, tahliye değerleri ve kapasite tablosu Şekil 18 ve Tablo8' de gösterilmiştir.

BOYUT, mm	YAKLAŞIK SU TÜKETİMİ,lt/s				
	SU BASINCI, atm				
	2.1	2.8	4.2	5.60	7
12.7	0.16	0.01	0.21	0.23	0.26
19.05	0.29	0.33	0.40	0.46	0.52
25.4	0.39	0.42	0.51	0.56	0.63
38.1	1.26	1.45	1.70	1.89	2.01
50.8	1.76	1.95	2.27	2.58	2.83
63.5	2.90	3.21	3.78	4.22	4.60
76.2	4.16	4.60	5.42	6.05	6.68

Not: Bütün akışlar 15 inHg' da gerçekleşmektedir.

Tablo 8. Su Jeti Tahliyecilerinin Su Tüketimi [Ref: Pump Handbook]

Edüktörler yaklaşık olarak, su-jeti tahliyecilerinin 1/5 hava uygulamaları kapasitelerine sahiptirler. Bu, benzer itici miktar ve basıncın sağlandığı yerlerde geçerlidir.

3.13. SIVILAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR

Hesaplamalarda h seviyesinin etkisi ihmal edilecektir. Bu gaz veya buhar içinde geçerlidir. Fakat düşey çalışan jet pompalarda bu mesafe önem taşıyabilir. Burada verilecek ifadeler genelleştirilip kullanılacaktır. (Örneğin basınç enerjisi p/γ yerine $p/\gamma + h$, p yerine ise $p + \gamma h$ alınacaktır). “ h ”, seçilen referans sıfır seviyesine göre alınan yüksekliktir.

Ortak karıştırma hızı, c_m , hareketli sıvıyla aktarılacak sıvının karıştırılması sabit basınç da olacağı düşüncesinden başlayarak, impuls teoremi kullanılarak;

$$c_m = \frac{\mu c_1 + c_2}{1 + \mu} = \frac{\mu + \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1 + \mu} C_0 \text{ olup, gerçekte;}$$

$$\frac{c_1}{c_0} = \sqrt{\frac{p_e - p_1}{p_e - p_0}} = \sqrt{1 + \frac{p_0 - p_1}{p_e - p_0}} = \sqrt{1 + \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2} \text{ dir.}$$

$c_a = \tau c_0$ jet pompa çıkışındaki hız olmak üzere, enerji bağıntısındaki basınç artışı;

$$p_a - p_1 = (p_a - p_0) + (p_0 - p_1)$$

$$= p_a - p_0 + \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2 (p_e - p_0)$$

$$= \mu \frac{\gamma}{2g} (c_m^2 - c_a^2)$$

$$= \mu c_0^2 \left[\left(\frac{\mu \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1 + \mu} \right)^2 - \tau^2 \right]$$

$$= \eta \varphi_1^2 (p_e - p_0) \left[\left(\frac{\mu \frac{c_1}{c_0} + \alpha}{1 + \mu} \right)^2 - \tau^2 \right]$$

eğer $\mu = 0.75 - 0.80$ ise, aranılan bağıntı,

$$w = \sqrt{\frac{1}{\eta \varphi_1^2} \left[\frac{p_a - p_0}{p_e - p_0} + \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^2 \right]} + \tau^2 \text{ olacaktır.}$$

C_a ihmal edildiği sürece $\tau=0$ alınabilir. Eğer p_e , p_o ve p_a basınçları önceden belirlenebilirse, α değiştirilebilir. α' nın belli değerleri için μ minimum yapılmaya çalışılır. Bulunacak bu değer arzu edilen α değeridir. α ile c_2 hızı f_2 kesiti böylece daha kolaylıkla tayin edilebilir.

Şekil 2' de $(p_a-p_o)/(p_e-p_o)$ nın çeşitli değerleri için $\mu=f(\alpha)$ çizilmiştir. Görüldüğü üzere μ , α' nın $\alpha=0.20 - 0.25$ değerlerine minimum olmaktadır. Bu şartlarda en iyi dizayn için girişteki karıştırma odasında, oldukça büyük basınç düşümü (p_o-p_1) değerlerine ulaşılabilmelidir.

(4) no' lu ifade jet pompaların pratik yoldan hesaplanabilmeleri için kullanılabilecek bir bağıntıdır. Teoride karıştırma nozulunun en dar kesiti;

$$F_m' = \frac{G_2(1+\mu)}{C_m \gamma},$$

fakat teoride kesit,

$$F_m = (1+Z) F_m' = (1+Z)(1+\mu) = \frac{G_2}{C_m \gamma} \text{ olmalıdır.}$$

$Z=0.3 - 0.5$. Ayrıca pratikte verim ise;

$$\eta_s = \frac{G_2 \frac{P_a - P_o}{\gamma}}{G_1 \frac{P_e - P_a}{\gamma}} = \frac{P_a - P_o}{\mu(P_e - P_a)}, \text{ dir.}$$

Bekil 3' e göre oldukça iyi verim değerlerine ulaşılabilir. Bazı özel hallerde her ne kadar (6) no' lu bağıntı tek bir pompanın kalitesini çok iyi karakterize edebiliyorsa da verim tarifini genel verim olarak yapmak daha iyi olacaktır.

4. GAZ VE BUHAR İÇİN KULLANILAN JET POMPALAR

Burada ısı gradyeni $\Delta i=H$, daha önce yazılan ifadelerdeki basınç farklarının yerini almaktadır. (Şekil.4.). Isı miktarı ve ısı gradyeni i-s diyagramından okunabilir. (Şekil.4.). Gerektiğinde gazlar için hesaplamada yapılabilir. Gazlar için,

$$\Delta i = C_p \Delta T = C_p (T - T')$$

fakat, $\frac{T}{P} = \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ ve $H = \pm C_p(T - T_0)$ olduğundan H her zaman (+)

değerini alır.

Buharlı jet kompresörlerde emilen buhar genellikle doymuş haldedir. Yani Şekil 4' de P noktası **doyma hattı** üzerindedir. Hatta sürükleyici buharda olduğu gibi, **doymuş buhar** hali en fazla istenilen haldir. Böylece A noktası tercihen doyma hattı üzerinde olacaktır.

C_0 , C_1 ve C_2 için kullanılacak bağıntılar:

$$C_0 = \varphi_1 * 91.5 \sqrt{H_e} \quad 91.5 = \sqrt{\frac{2g}{A}}$$

$$C_1 = \varphi_1 * 91.5 \sqrt{H_1} \quad A = \frac{1}{427} \text{ ısı'nın mekaniksel eşdeğeri}$$

$$C_2 = \varphi_2 * 91.5 \sqrt{H_2} = \alpha C_0$$

$$\alpha = \frac{C_2}{C_0} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \sqrt{\frac{H_2}{H_e}}$$

8 No' lu bağıntı gazlar için;

$$H_e = C_p T_e \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_e} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

$$H_1 = C_p T_e \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

$$H_2 = C_p T_0 \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

değerlerini vermektedir. α değerini oranlı değer kabul edip ve H_2 kolaylıkla hesaplanabilir:

$$H_2 = \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^2 H_e$$

Şekil.4' teki i-s diyagramındaki $H_2=PS$, P' den düşey yönde çizilecek doğru S' den geçmek şartıyla, buhar nozulu P_1 basıncına ait basınç doğrusu elde edilir.

Karıştırma ve basma işleminin P_1 basıncında yapıldığını kabul edersek C_m karıştırma hızı (1) ve (2) ifadelerine benzer şekilde;

$$C_m = \frac{\mu \frac{C_1}{C_0} + \alpha}{1 + \mu} C_0 \quad \text{ve}$$

$$\frac{C_1}{C_0} = \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{1 + E} \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^2} \quad \text{elde edilir. } \varepsilon, P_0 \text{ ve } P_1 \text{ basınç hatları}$$

arasındaki basınç gradyenlerinin oranı olarak tanımlanabilir; doyma hattında ve adyabatik eğride ölçülmek şartıyla; H_1 ;

$$1 + \varepsilon = \frac{H_2}{H_1 - H_e} \quad \text{elde edilir. Pratikte, } 1 + \varepsilon = 1.15 - 1.20 \text{ olarak alınabilir.}$$

Sıkıştırma başlangıcındaki karışımın i_m değeri (I noktası dahil, şekil. 4), enerji ifadesinden elde edilebilir.

$$i_m = i_T = \frac{1}{1 + \mu} (\mu i_e + i_0) - \left(\frac{C_m}{91.5} \right)^2$$

Enerji bağıntısına göre sıkıştırma gradyeni üzerindeki I noktasından karışımın adyabatik sıkıştırma ile (Eğer $c_s = \tau c_0$, terminal hızı burada ihmal edilebilir),

$$H^I_k = \mu \left[\left(\frac{C_m}{91.5} \right)^2 - \left(\frac{C_e}{91.5} \right)^2 \right] = \mu \varphi_1^2 H_e \left[\left(\frac{\mu \frac{C_1}{C_0} + \alpha}{1 + \mu} + \tau^2 \right) \right] \quad \text{ve}$$

$$H^I_k \cong H_k + H_2 = H_k + \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^2 H_e \quad \text{yazılabilir. Bu yeterli hassasiyet}$$

sağlayabilir.

$$\text{Gazlar için sıkıştırma gradyeni; } H_k = C_p T_0 \left[\left(\frac{P_e}{P_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \quad \text{ile hesaplanabilir.}$$

Şekil .4' te H^I_k gradyeni I noktasında düşey olarak çizilen doğru ile uç noktasını p'_a basınç hattı üzerine getirebilir. Bu p_a 'nın erişebileceği en yüksek terminal basınç

değeri olacaktır. 13 no' lu bağıntı, 4 no' lu bağıntıya benzer şekilde yazılacak olursa,

$$\mu = \frac{\omega - \alpha}{\frac{C_1}{C_0} - \omega} \text{ elde edilir. Ayrıca, } \omega = \sqrt{\frac{1}{\eta\varphi_1^2} \left[\frac{H_k}{H_c} - \alpha^2 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^2 \right] + \tau^2} \text{ olacaktır.}$$

Yukarıdaki ifade ve H_k , H_c seçilecek α değerleriyle μ artık kolaylıkla hesaplanabilir. Böylece en iyi α değeri de tayin edilmiş olur. Nümerik şartlar sıvılar için (Şekil 2. ve 3.) aynıdır. Sadece ısı gradyanlarının, basınç gradyanlarının yerini aldığı zaman durum farklı olabilir. 14. bağıntısı, jet kompresörlerin, pratik olarak hesaplanmalarında rahatlıkla kullanılabilir.

$$\text{I-II genişleme hattının hakiki uç noktası için, } i_u = i_c = i_m + \left(\frac{C_m}{91.5} \right)^2 \text{ yazılabilir.}$$

Bu II noktasının p_a ' basınç hattında tanımlanmasını sağlar (i-s diyagramı). Sıkıştırma terminal basıncı p_a yerine p'_a olsa bile, i_{II} , aynı kalacaktır. Böylece jet pompa çıkışındaki karışımın özgül hacmi (v_{III}), i-s diyagramından okunabilir. Ve gerekli çıkış kesiti, F_a

$$\text{ise, } F_a = D^2 (\pi / 4) = \frac{G_2 (1 + \mu) V_{III}}{\tau C_0} \text{ ile hesaplanabilir. Karıştırma nozulunun en dar}$$

kesiti $F_m = d^2 (\pi / 4)$, teorik dar kesitten %30-%50 daha büyüktür. Fakat; $F_m \approx (1.3-1.5) F_m'$

dur. Karıştırma hızı ses hızını geçmediği sürece, yani $c_m = \sqrt{Kgp_1 V_f}$ ise (V_1 - I

noktasındaki özgül hacim) teorik en dar kesit; $F_m' = \frac{G_2 (1 + \mu)}{C_m} V_f$ olacaktır. Bununla

beraber, c_m ses hızını aştığı zaman F_m aşağıda tayin edilecek yolla tayin edilebilir. I'

den II' ye (Şekil.4), sıkıştırma sırasında ara basınç p için enerji denklemi, $c = \xi c_m$

hızıyla ve böylece sıkıştırma gradyeni H' , $H' = \eta \left(\frac{C_m}{91.5} \right)^2 (1 - \xi^2)$ daha sonra kabul

edilecek H' değeriyle bulunabilir. Bu basınçta i entalpisi $i = i_f + \left(\frac{C_m}{91.5} \right)^2 (1 - \xi^2)$ ile

bulunur. İlgili faz noktası I,II sıkıştırma hattı üzerindedir ve pertinent özgül hacim , (v ;

i-s) diyagramından okunabilir. Böylece akış için gerekli kesit; $F' = \frac{G_2 (1 + \mu) V}{\xi C_m}$

olacaktır. F' ün tayinini takiben, kabul edilmiş ζ değerleriyle (0,9 - 0,8 - 0,7 - v.b.)

minimum F'_m değerine ulaşılır. Sonuçta jet kompresörün verimi; $\eta_s = \frac{H_k}{\mu H_a}$ olur.

p_e 'den p_a ' ya genleşme sırasında H_a , sürükleyici buharın adyabatik gradyenidir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Jet Pompalarının Emme Kapasitelerini açıklamak amacıyla, farklı boylarda nozullara sahip 3 ayrı pompa imal edilmiş ve farklı nozul boylarına sahip bu pompalarla değişik emme yükseklikleri ve basınçlarda deneyler yapılmıştır.

İmal edilen Jet Pompalar, itici olarak hava kullanmakta ve su tahliye etmektedirler. 1" bir boru içerisindeki 9/16" ' lik bir nozul sayesinde ve değişken basınç ve emme yüksekliklerinde tahliye yapabilmektedir.

6. SONUÇLAR

İmalatı yapılan, farklı nozul boylarına sahip 3 (üç) adet Jet Pompası ile 3.50 atm' den 21 atm' e kadar 3.5 atm' lik bir basınç artışıyla ve 0.2 m' den 1.2 m' ye kadar 0.2 m' lik bir emme yükseklikleri artışı uygulanarak ölçümler yapılmıştır. Nozul boyları 25 mm., 50 mm. ve 75 mm.' dir.

Yapılan 108 adetlik bu ölçümler sonucunda, debinin nozul boyu ve basıncın artışı ile doğru orantılı ama emme yüksekliğinin artışı ile ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Yüksek debi elde etmek amacıyla, en düşük emme yüksekliği, deneyi yapılanlar arasında en uzun nozul boyu ve en yüksek basıncın kullanılması gerekliliği vardır. Diğer yandan, en düşük debi değeri ise, en uzun emme yüksekliği, en kısa nozul boyu ve en düşük basınçta elde edilmektedir.

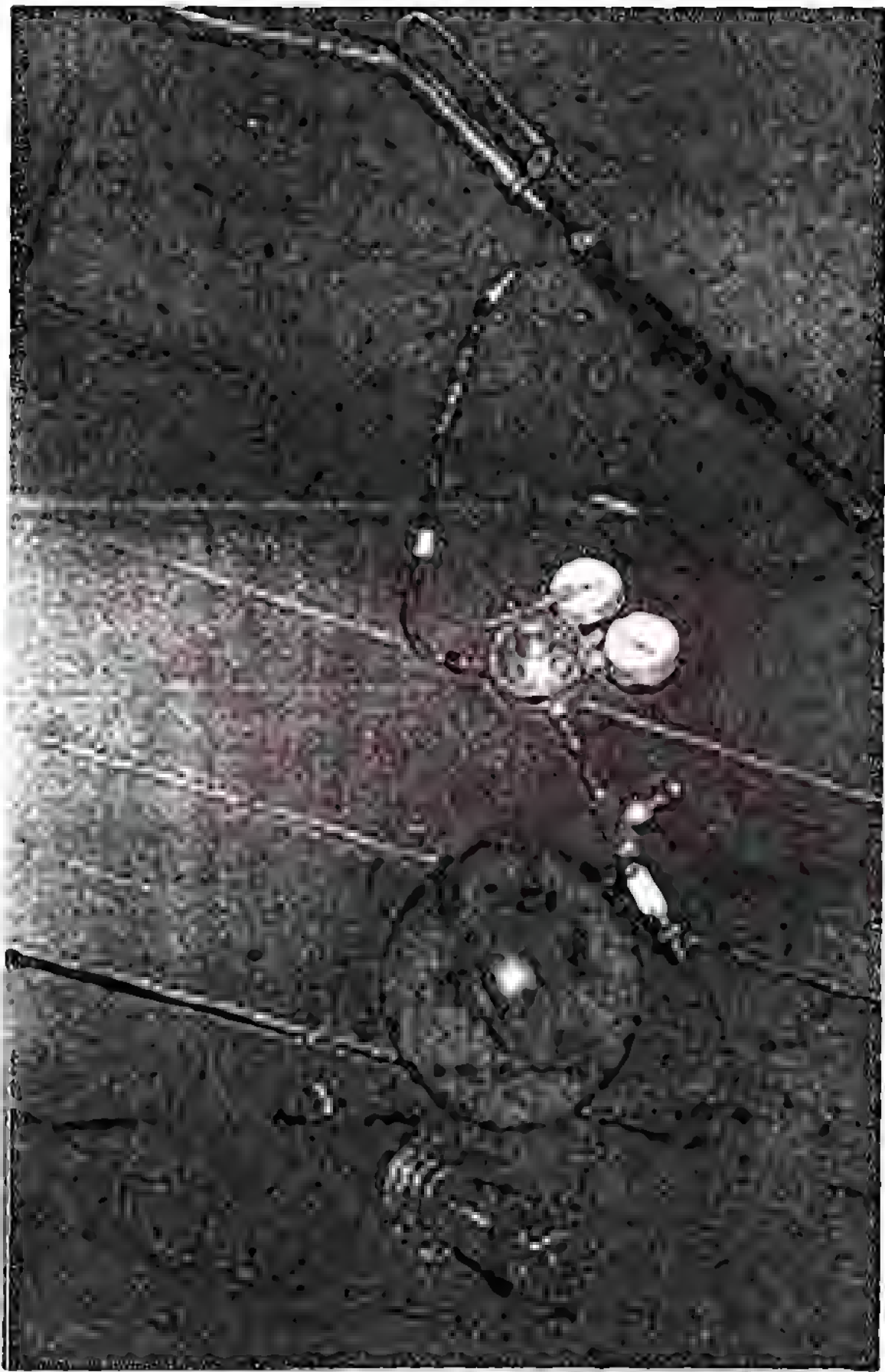
Sonuç olarak;

Basınç arttıkça debi arttığı, nozul boyu arttıkça debi arttığı ve emme yükseklikleri azaldıkça debi arttığı gözlemlenmiştir.

Daha ileride yapılacak deneylerde, 1" boru yerine 2" veya daha büyük çaplar için benzer araştırmalar, farklı nozul boyları için yapılabilir.

KAYNAKLAR

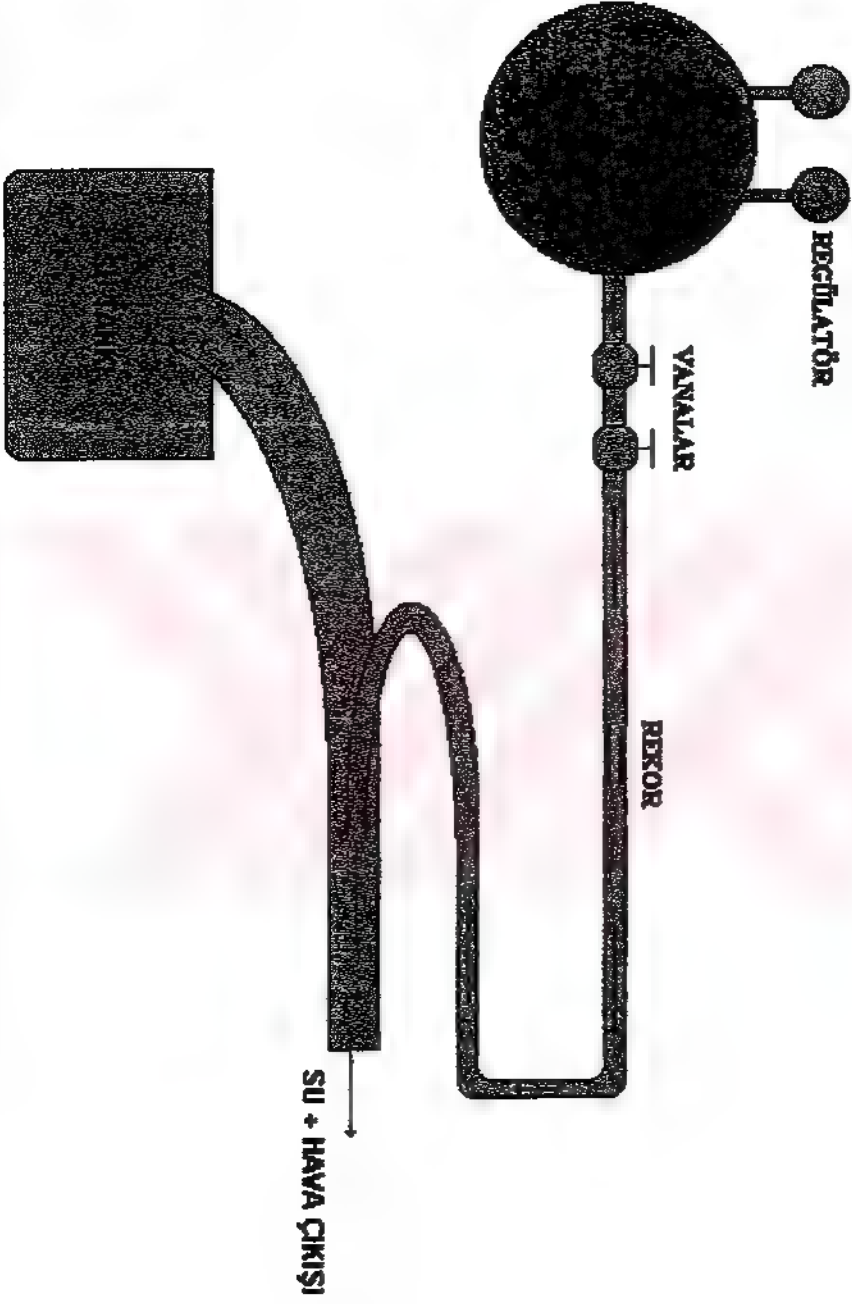
1. Prof. Dr. PANCAR, Yaşar; Hidrolik Makinalar Ders Notları ; Basılmamış
2. TRADE and TECHNICAL PRESS Ltd.; (1979); Pumping Manual , Cilt 6.
3. KARASSİK, J. Igor ; KRUTZCH C.William ve FRASER H. Warren.; Jet Pumps; Pump Handbook, s:4-1, 4-23
4. Prof. Dr. PANCAR, Yaşar; Sıvılar İçin Kullanılan Jet Pompalar; Jet Pompaların Tasarımı; s: 8-12



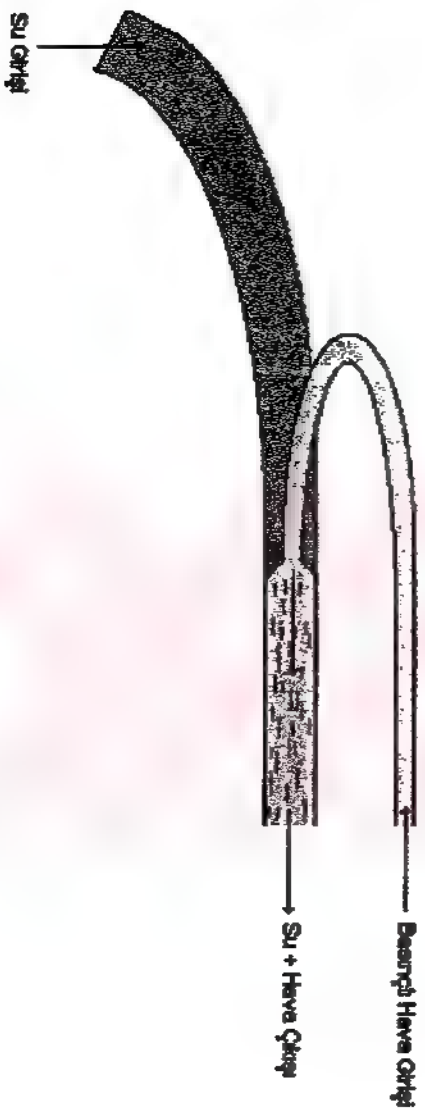
Şekil 17 Deneysel Teçhizatın Görünümü



Şekil : 18 Deney Yapımı Sırasında Görülülen



ŞEKİL: 19 ATEL YEDE KURULAN DENEY DÜZENİĞİNİN ŞEMATİK GÖRÜNÜMÜ



ŞEKİL: 20 İMAL EDİLEN JET POMPANIN ŞEMATİK RESİMİ

DENEY VERİLERİ

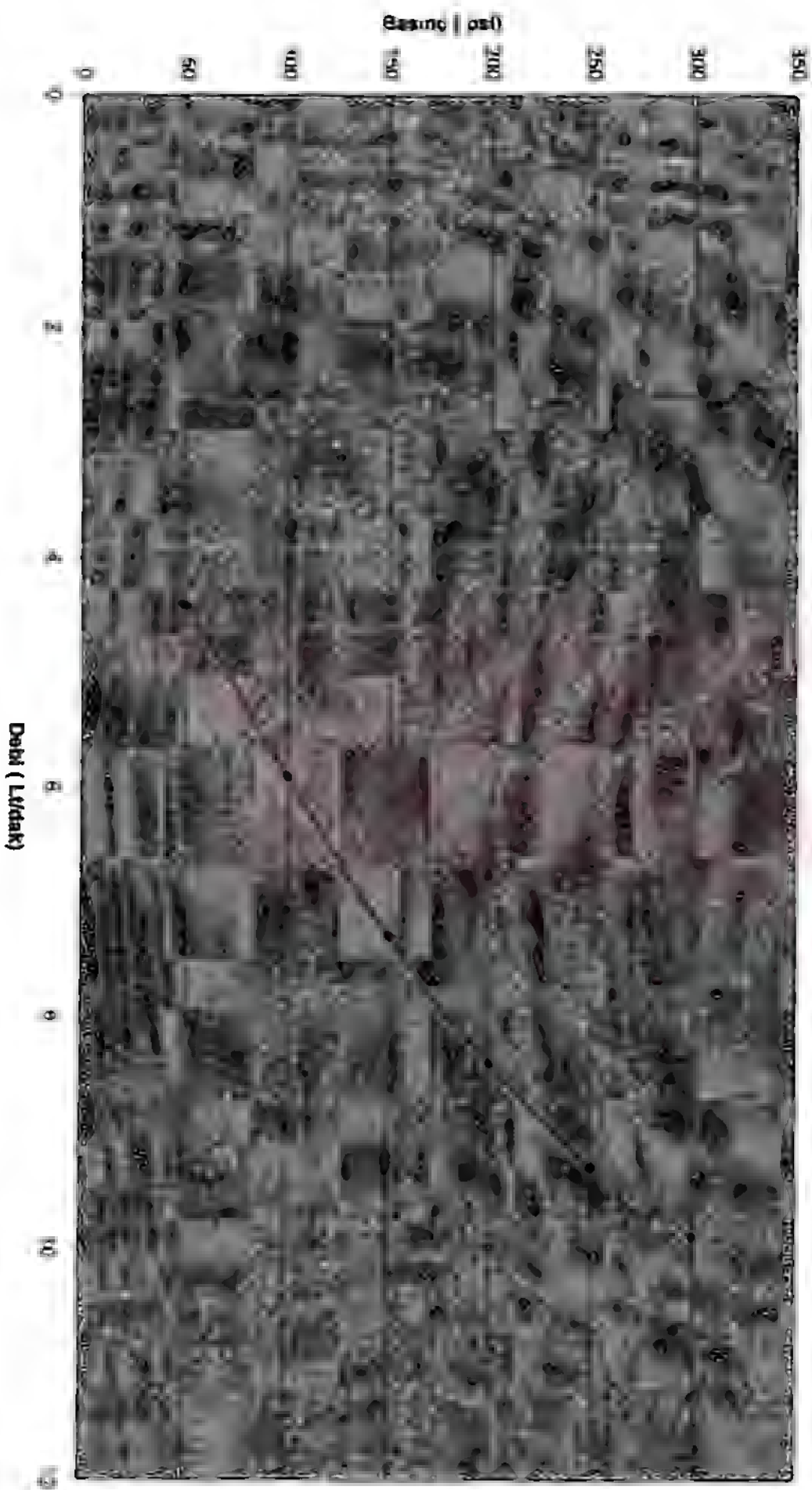
VE

EĞRİLER

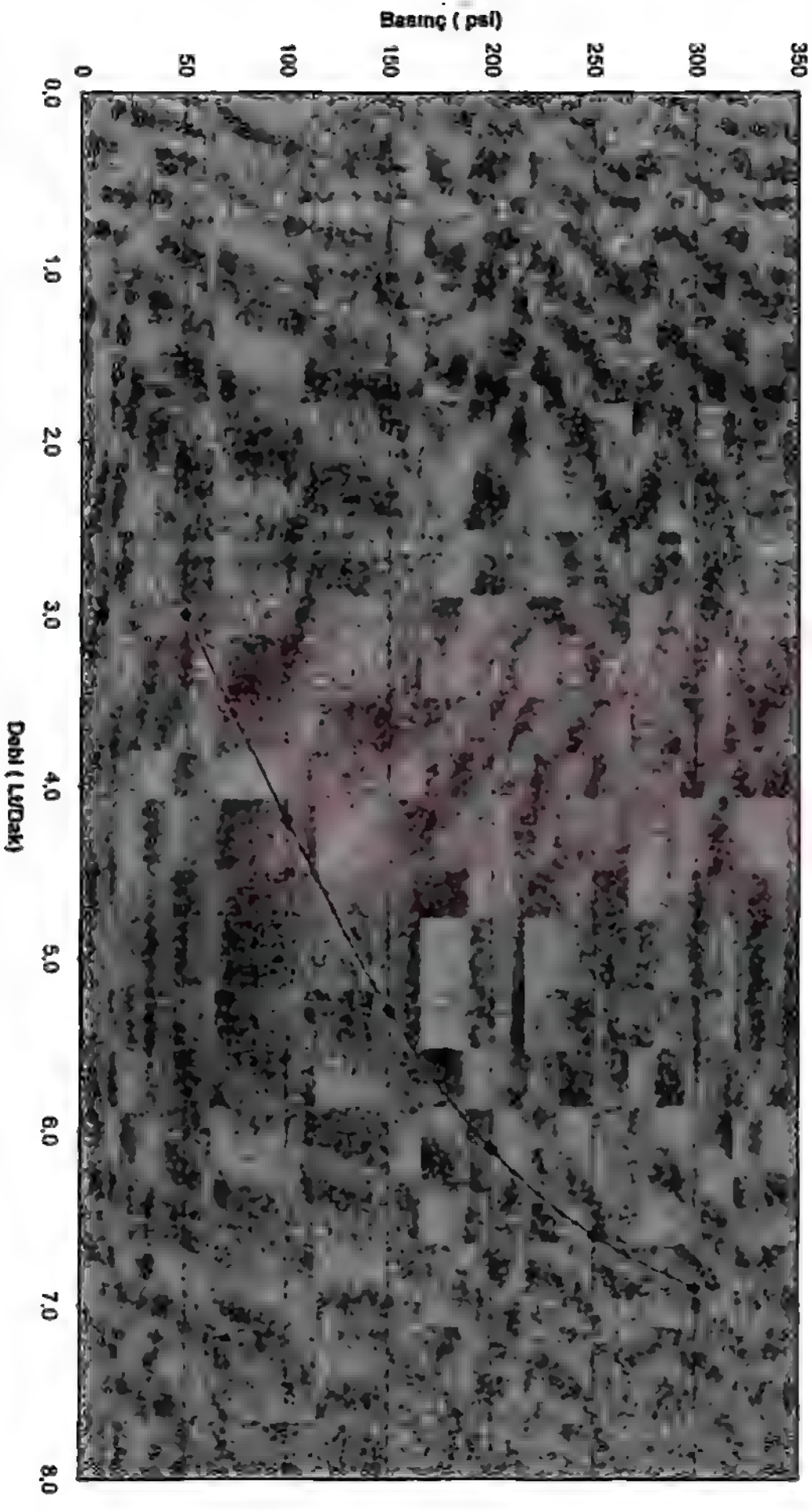
**UYGULANAN BASINÇ (25 mm meme uzunluğu için)
(PSI)**

BORU BOYU (cm)	50	100	150	200	250	300
20	4.40	5.90	7.30	8.40	9.30	9.90
40	3.00	4.20	5.30	5.90	6.60	7.20
60	2.10	2.80	3.40	4.10	5.20	5.70
80	1.40	2.30	3.30	4.00	4.50	4.70
100	1.30	2.10	2.80	3.50	4.00	4.40
120	0.70	1.40	2.30	3.00	3.40	4.10

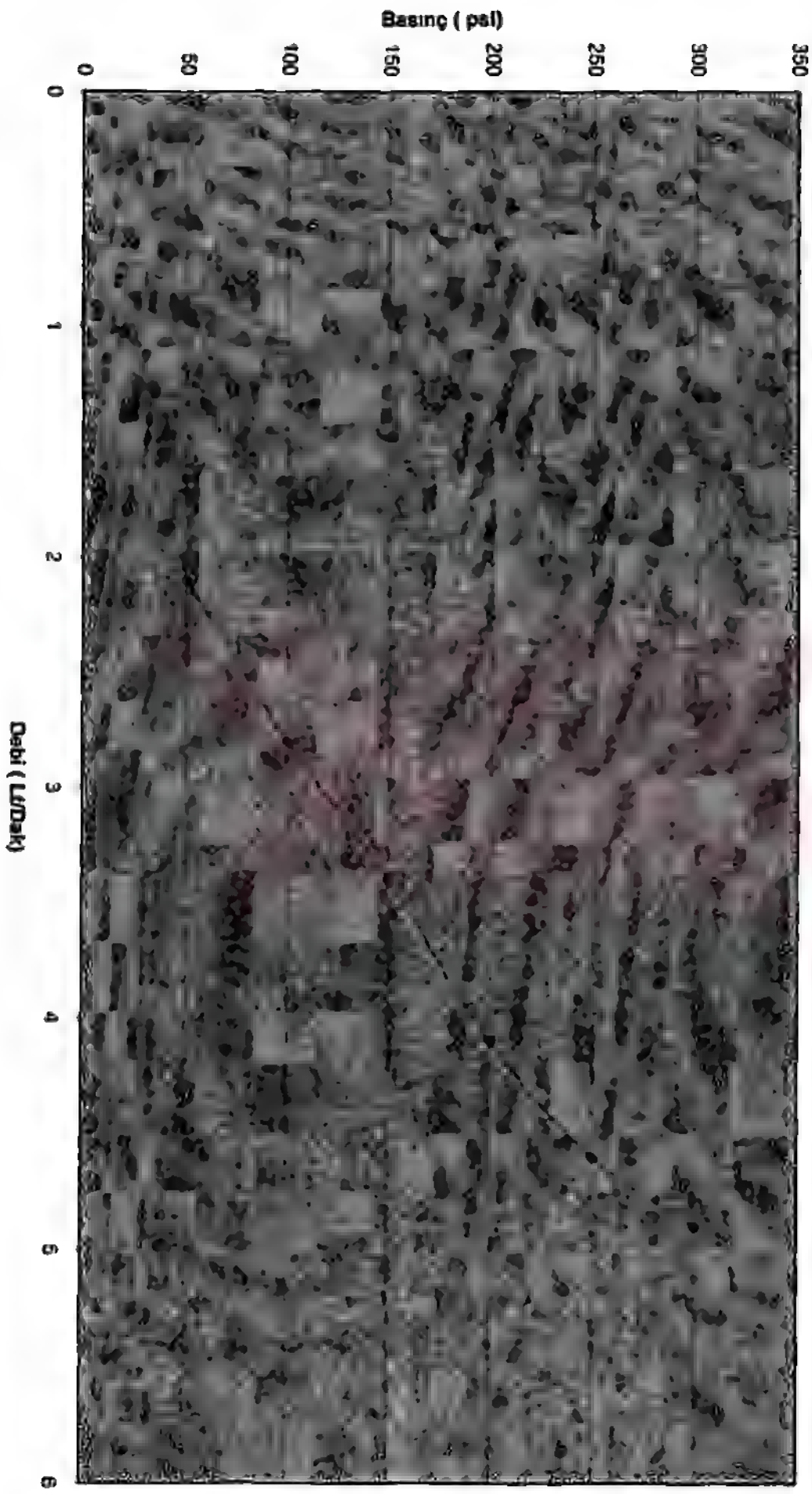
20 cm Emme Yüksekliği ve 25 mm Meme Uzunluğu



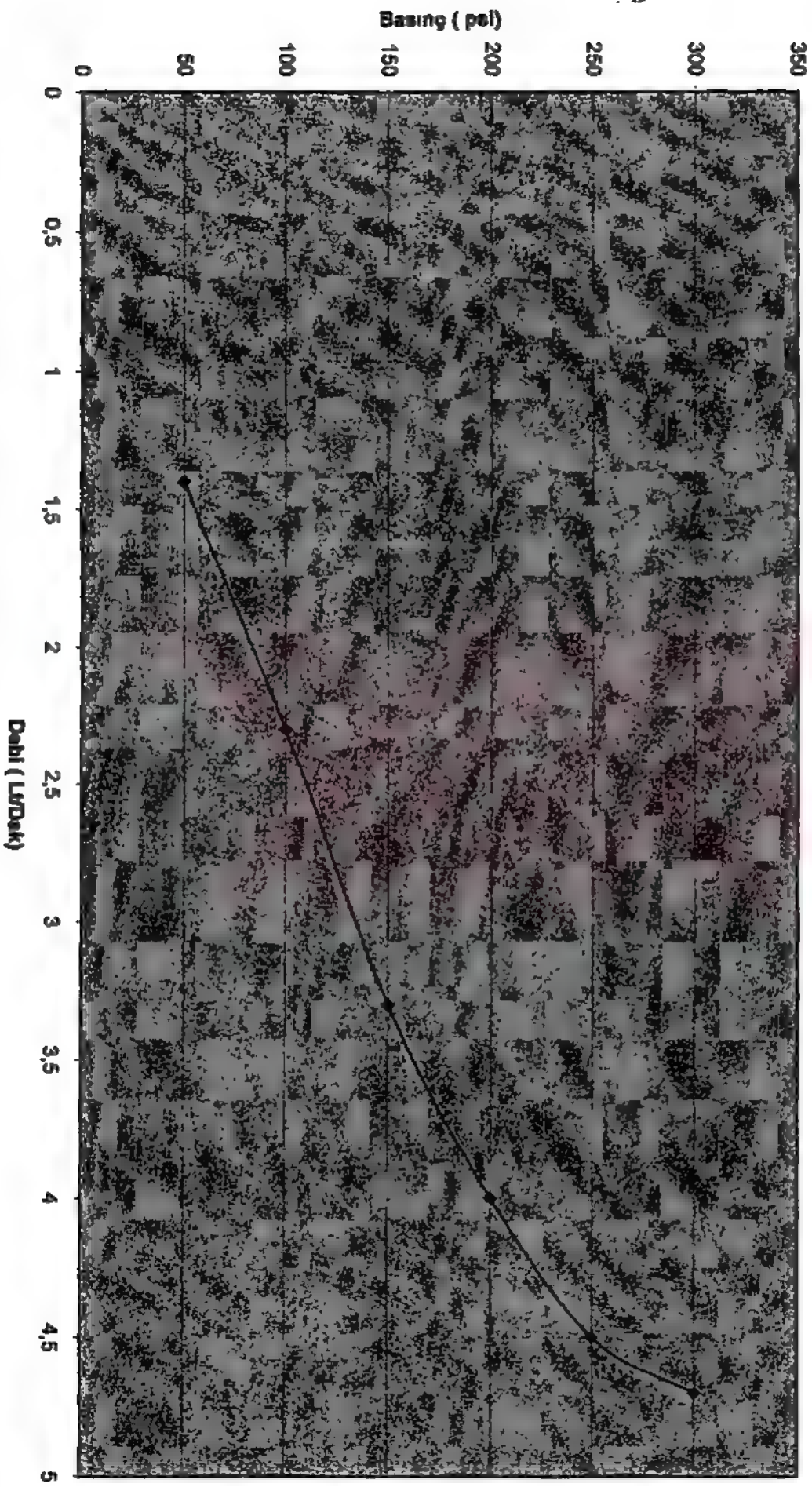
40 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu



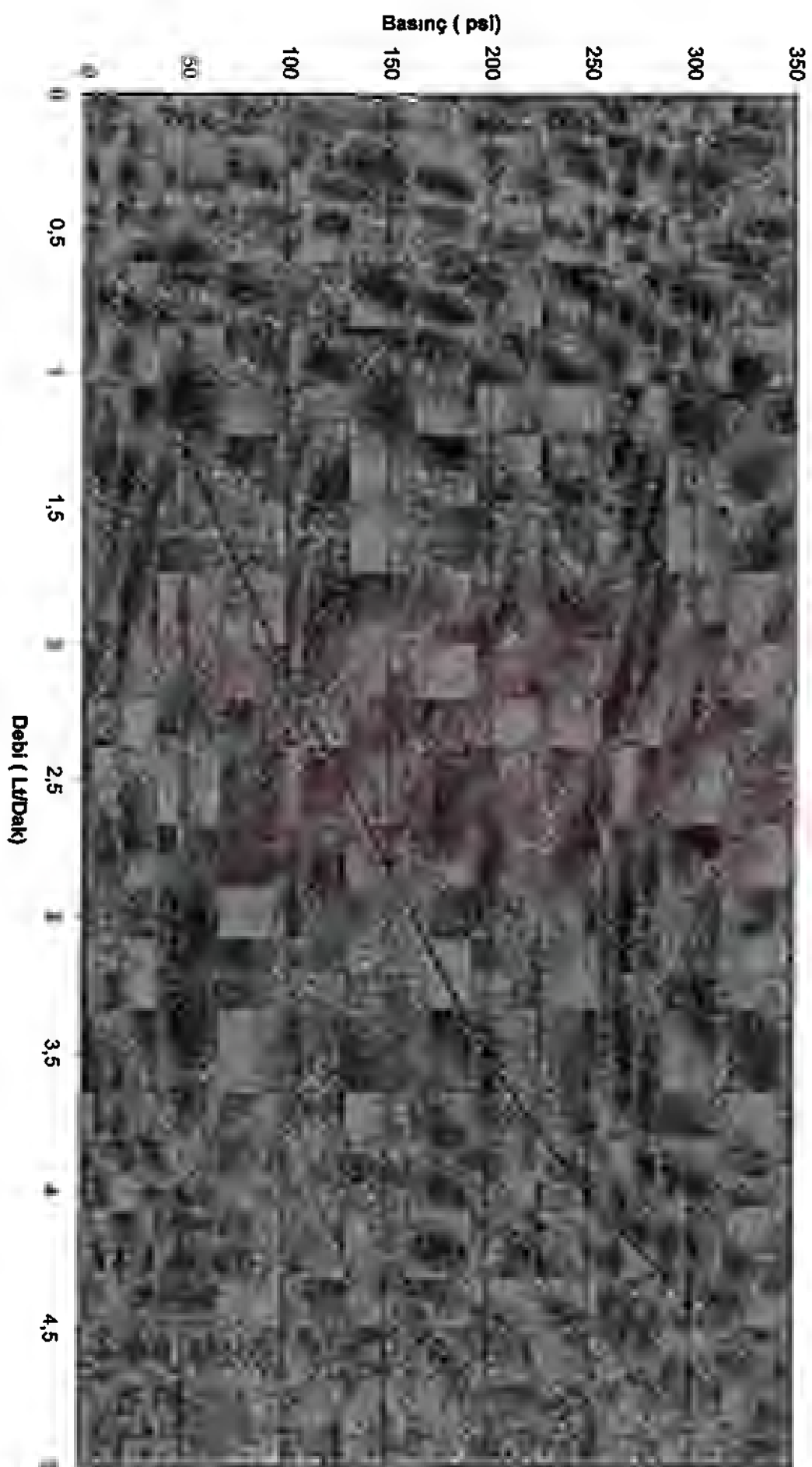
60 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu



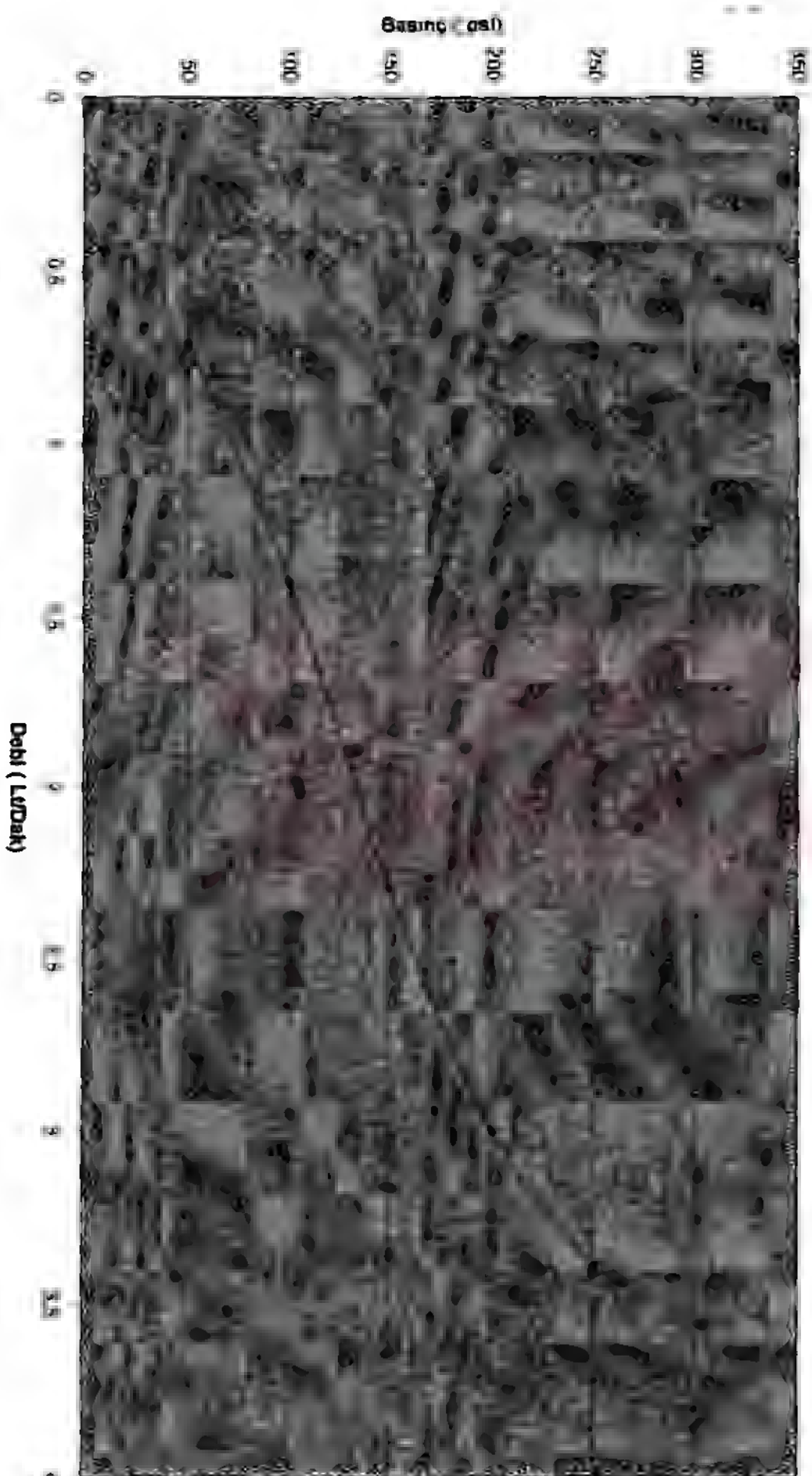
80 cm. Emme Yüksekliği ve 25 mm. Meme Uzunluğu



170 cm. Damsız Tırtılları ve 20 mm. Mavi Lepetler



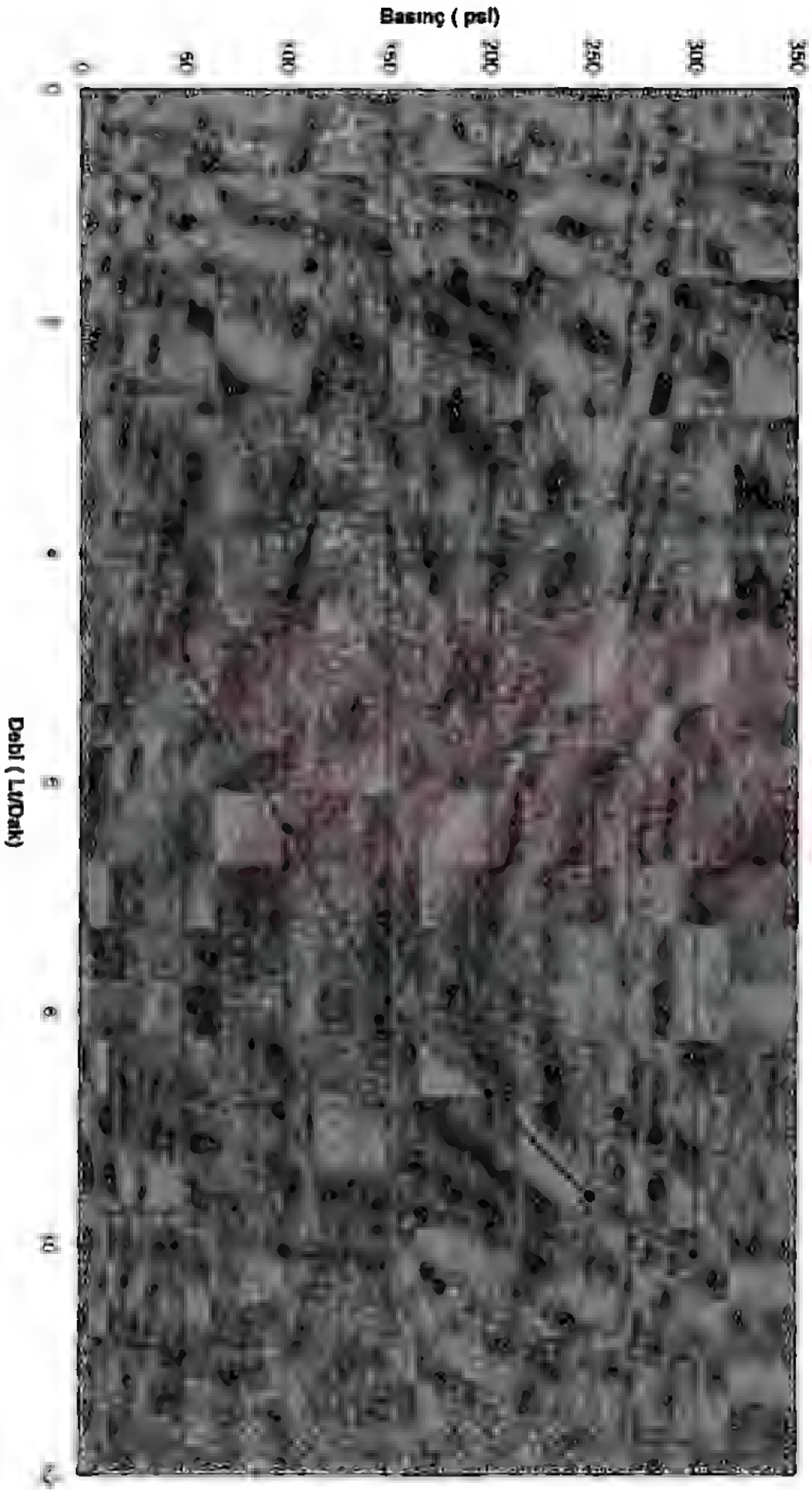
120 cm Emme yüksekliği ve 25 mm emme uzunluğu



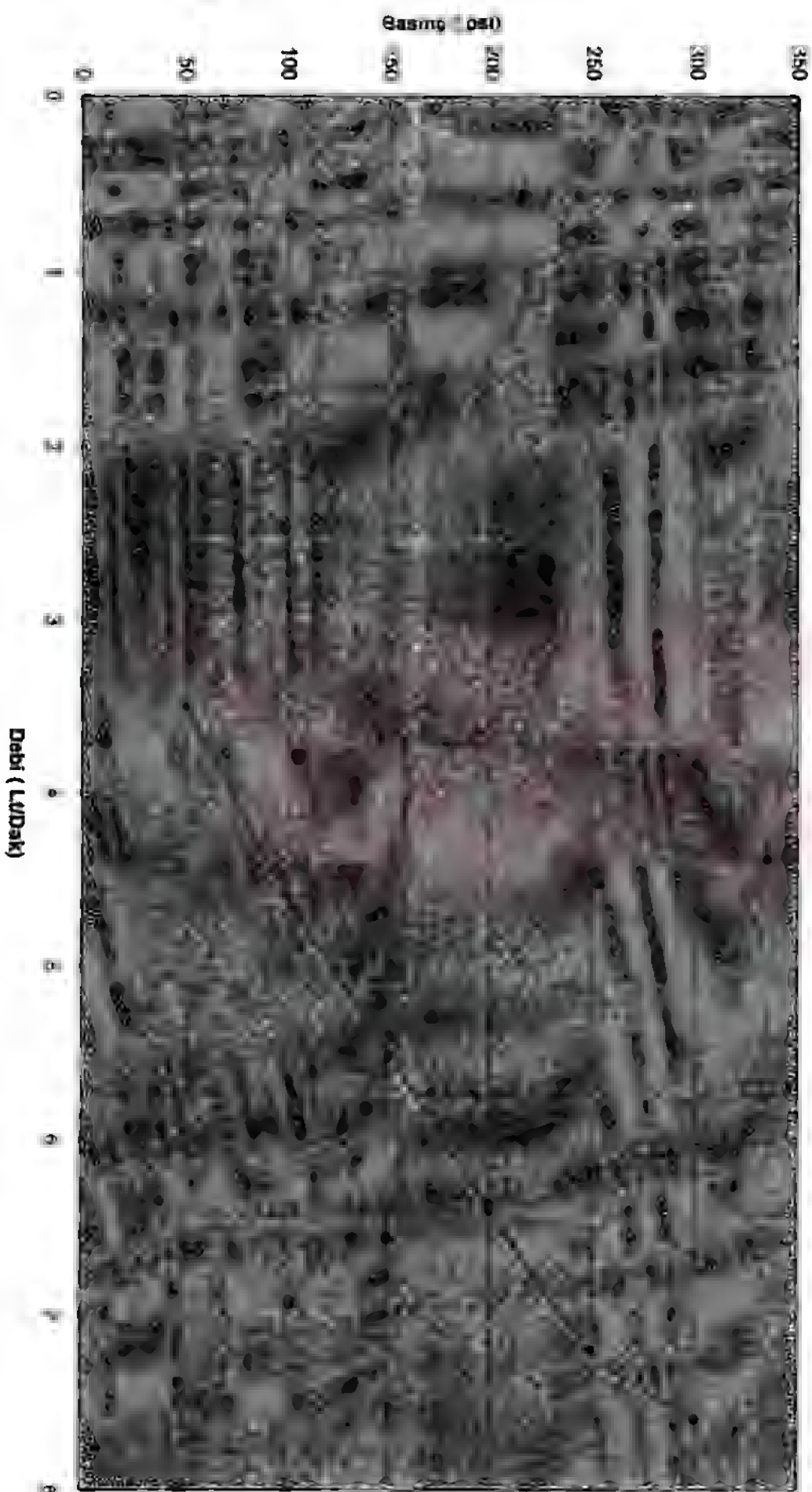
UYGULANAN BASINÇ (50 mm meme uzunluğu için)
(PSI)

BORU BOYU (cm)	50	100	150	200	250	300
20	4.90	6.40	7.90	8.70	9.60	10.40
40	3.50	4.60	5.50	6.40	7.20	7.60
60	2.50	3.20	4.00	4.70	5.30	5.70
80	1.90	2.90	3.70	4.50	5.00	5.20
100	1.70	2.50	3.30	3.90	4.50	4.90
120	1.20	1.90	2.60	3.10	3.60	4.20

20 cm, Emme yüksekliği ve 50 mm, Memme uzunluğu



40 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Mome Uzunluğu



60 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Memme Uzunluğu

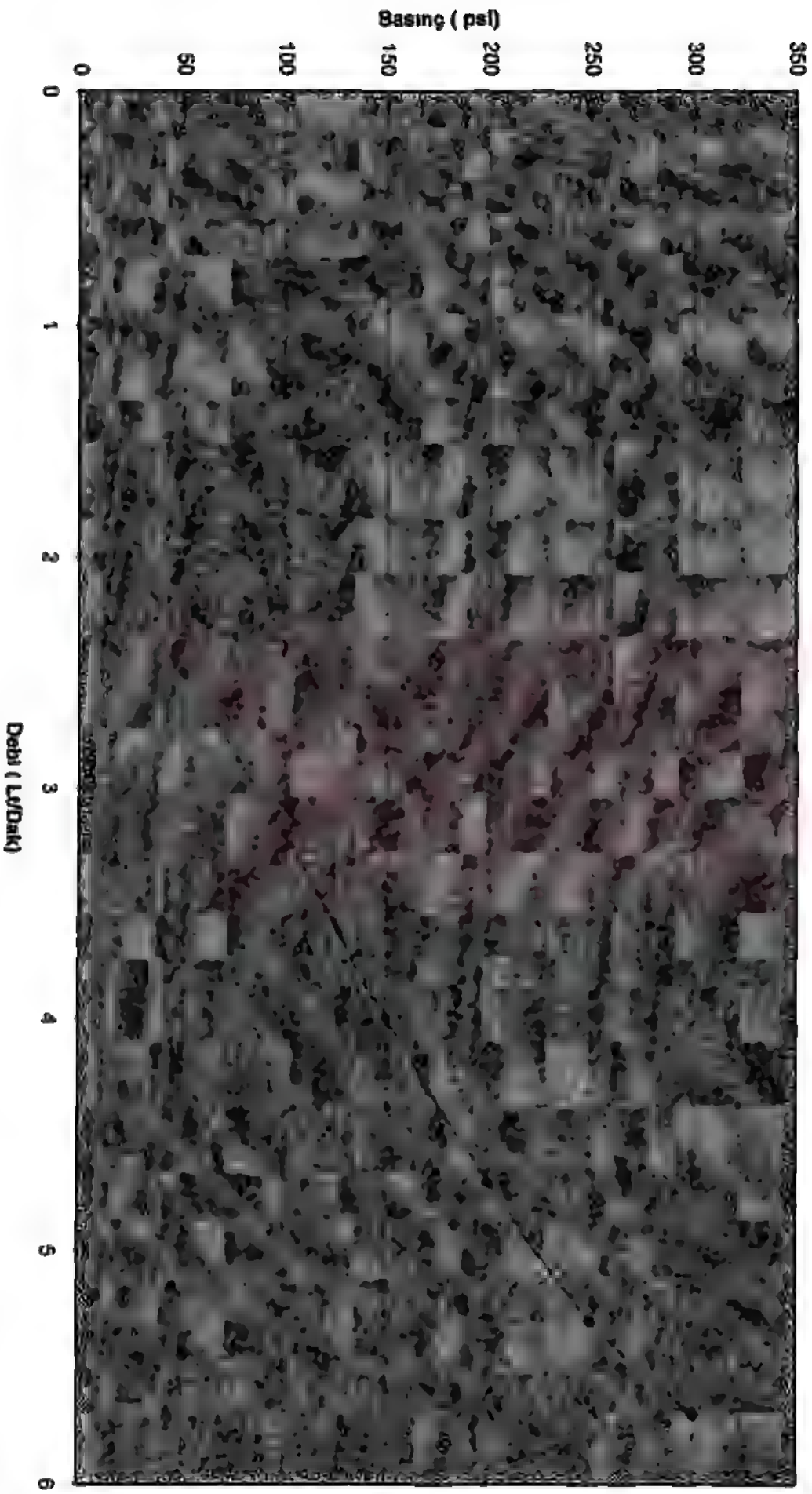
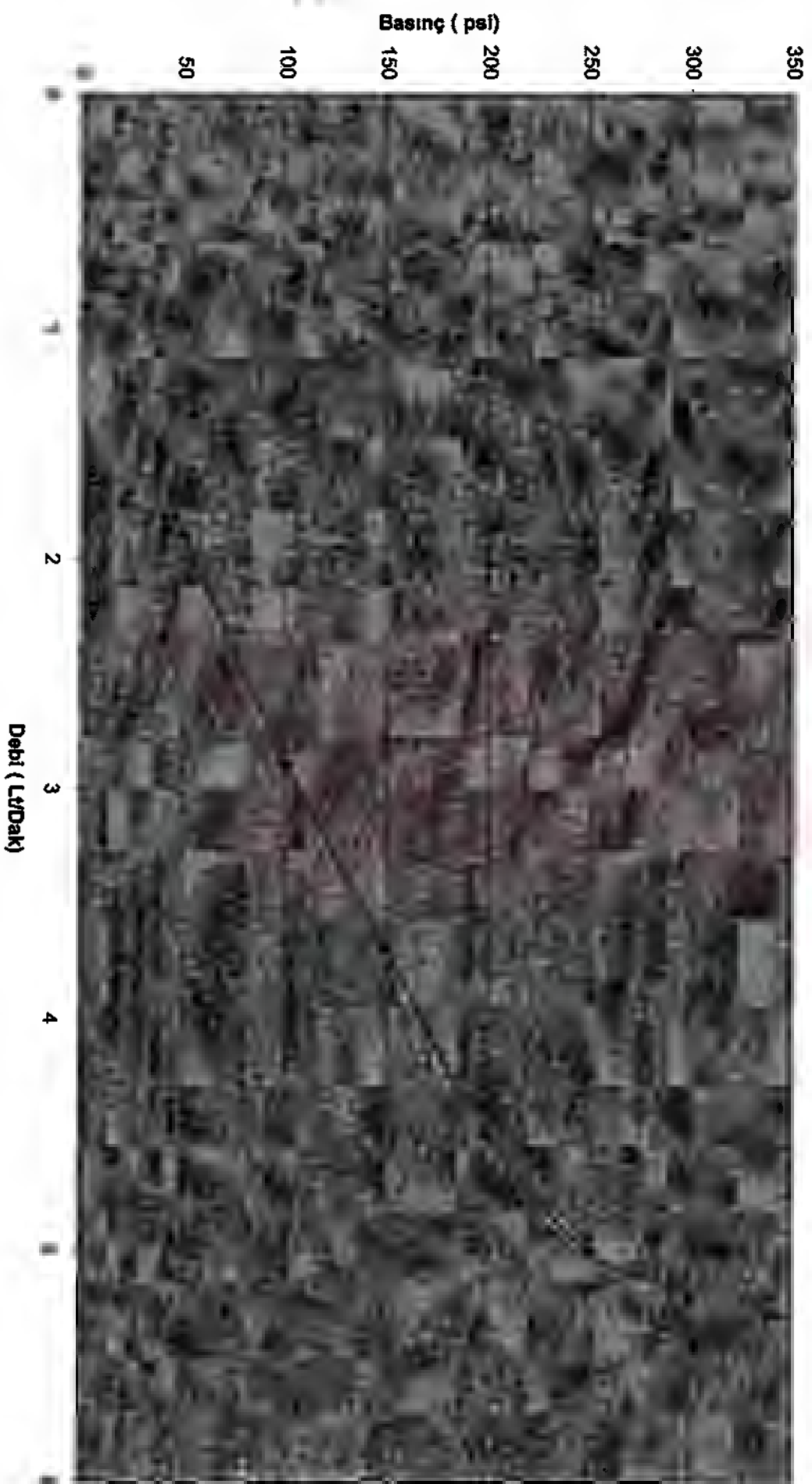
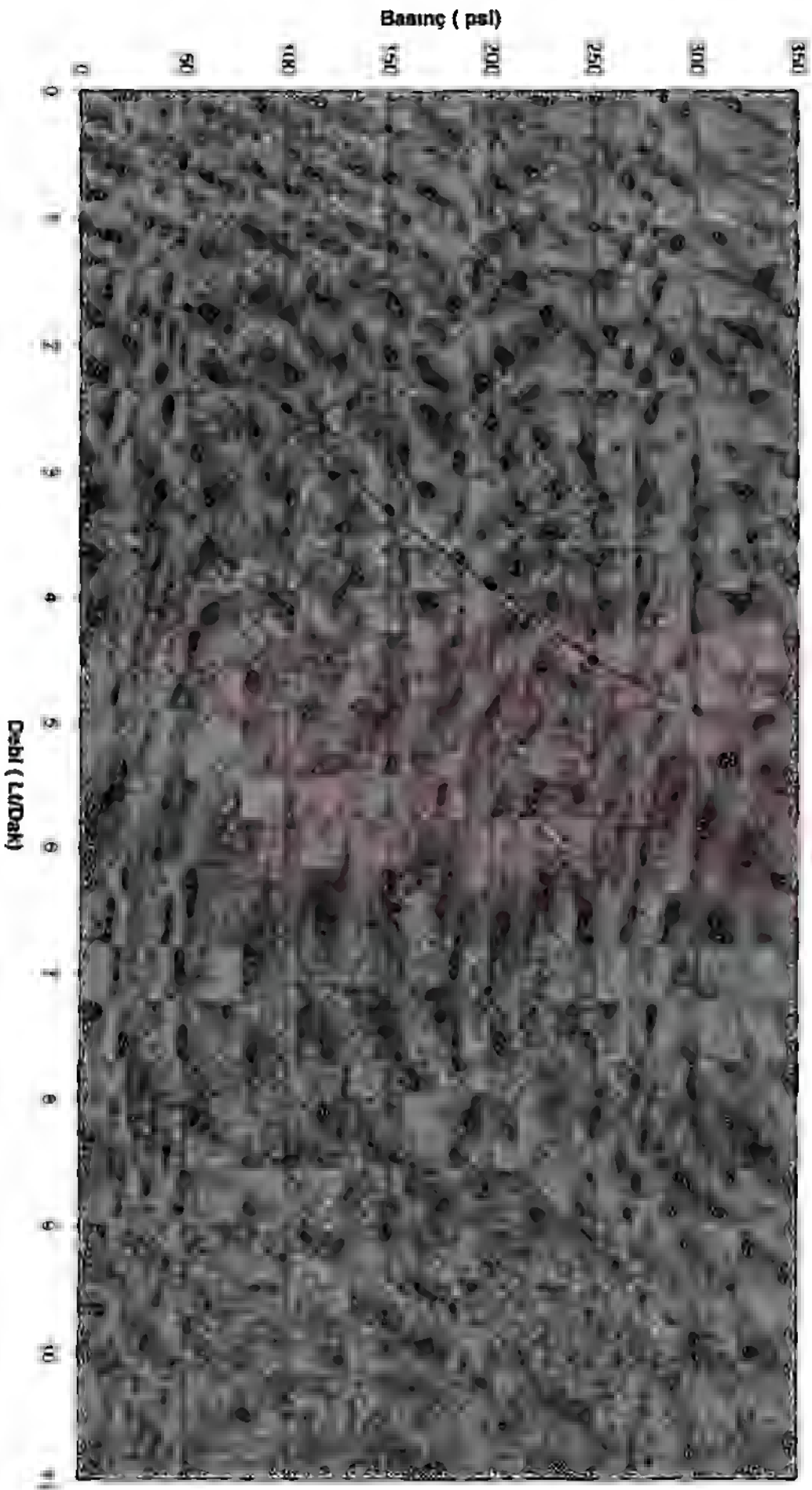


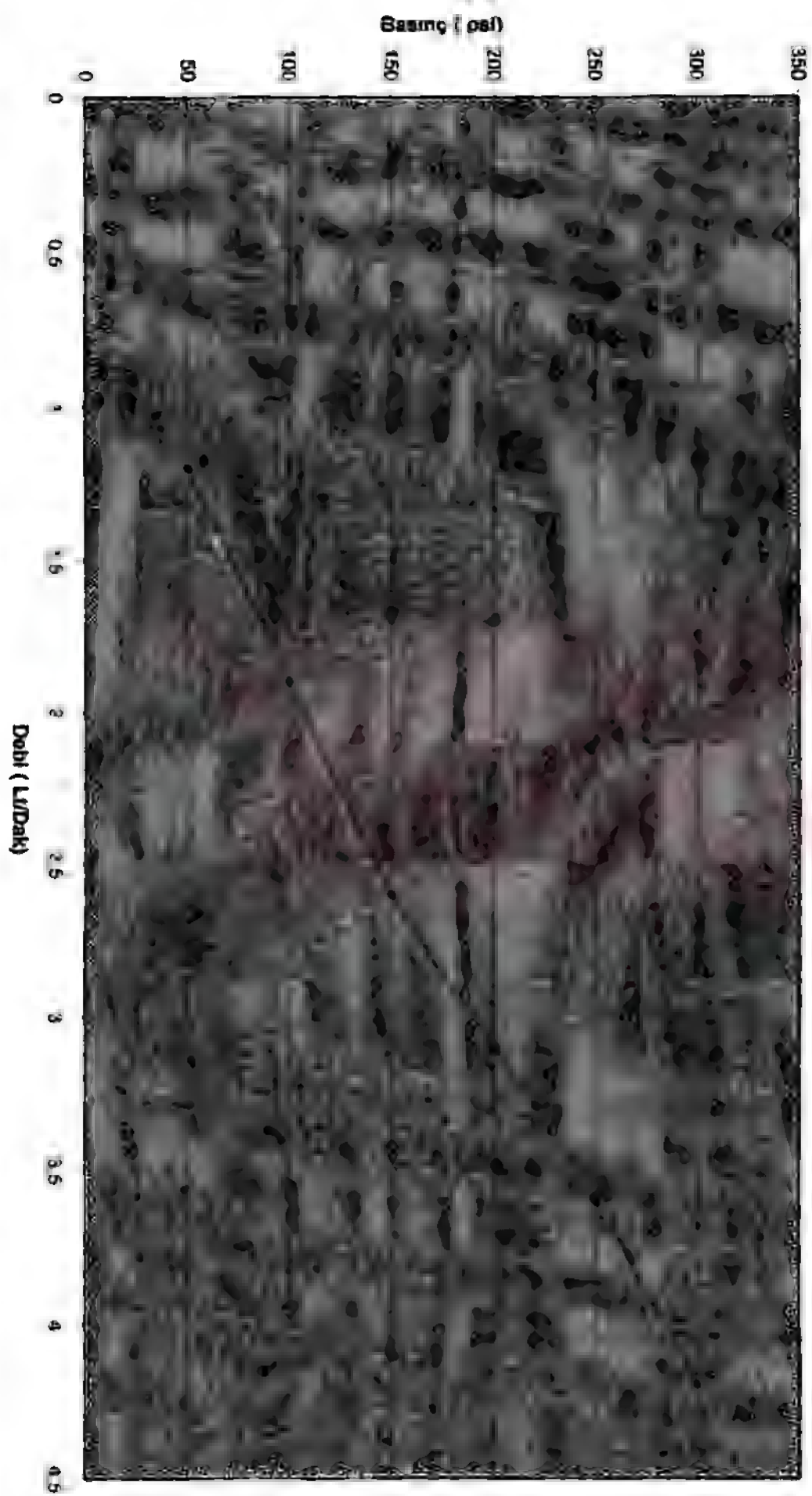
Fig 104. Erosion Yöneliminde ve Filtreli Akışın Akış Yönünde



100 cm. Emme yüksekliği ve 50 cm. Meme Uzunluğu



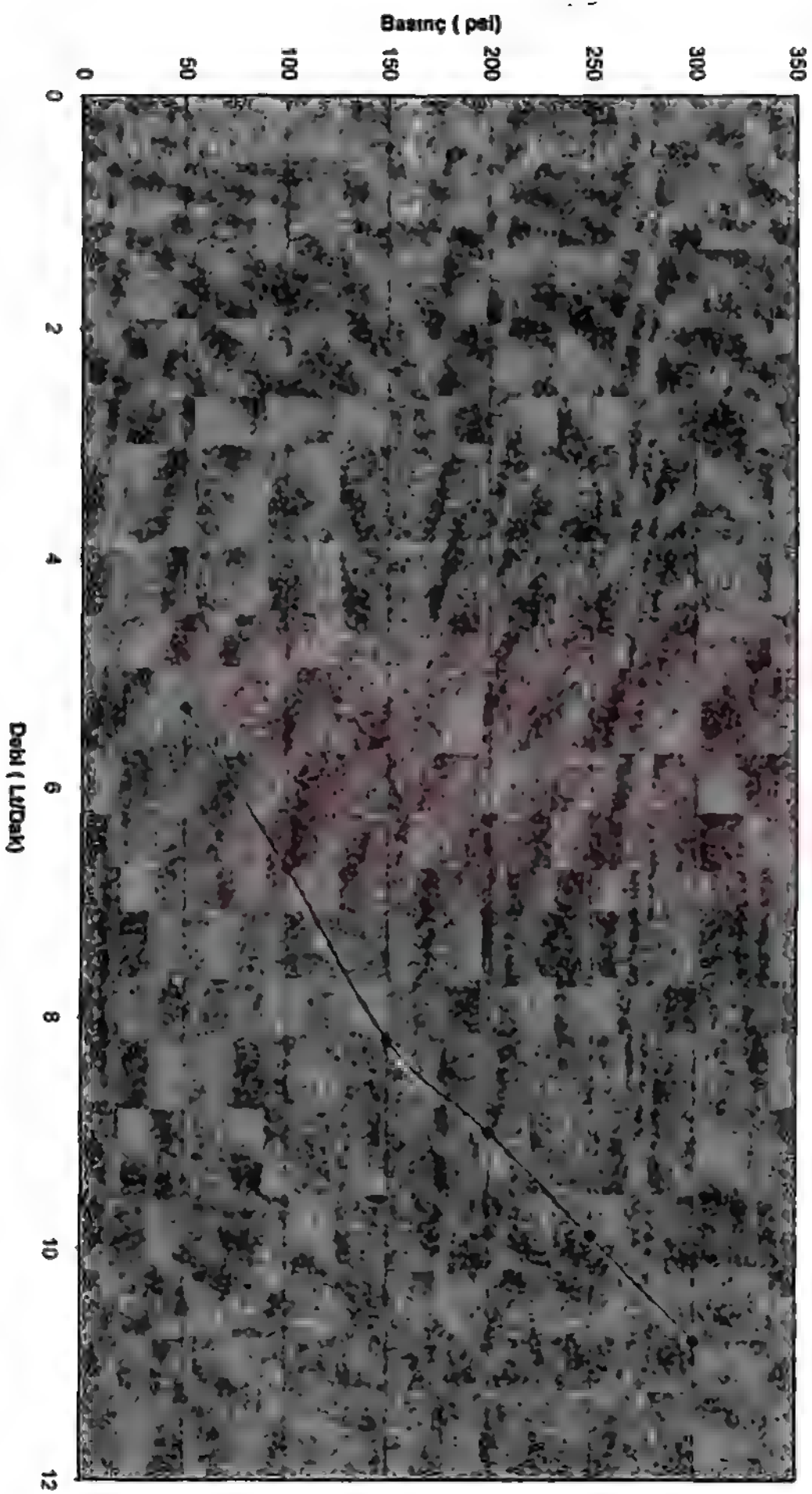
120 cm. Emme Yüksekliği ve 50 mm. Memme Uzunluğu



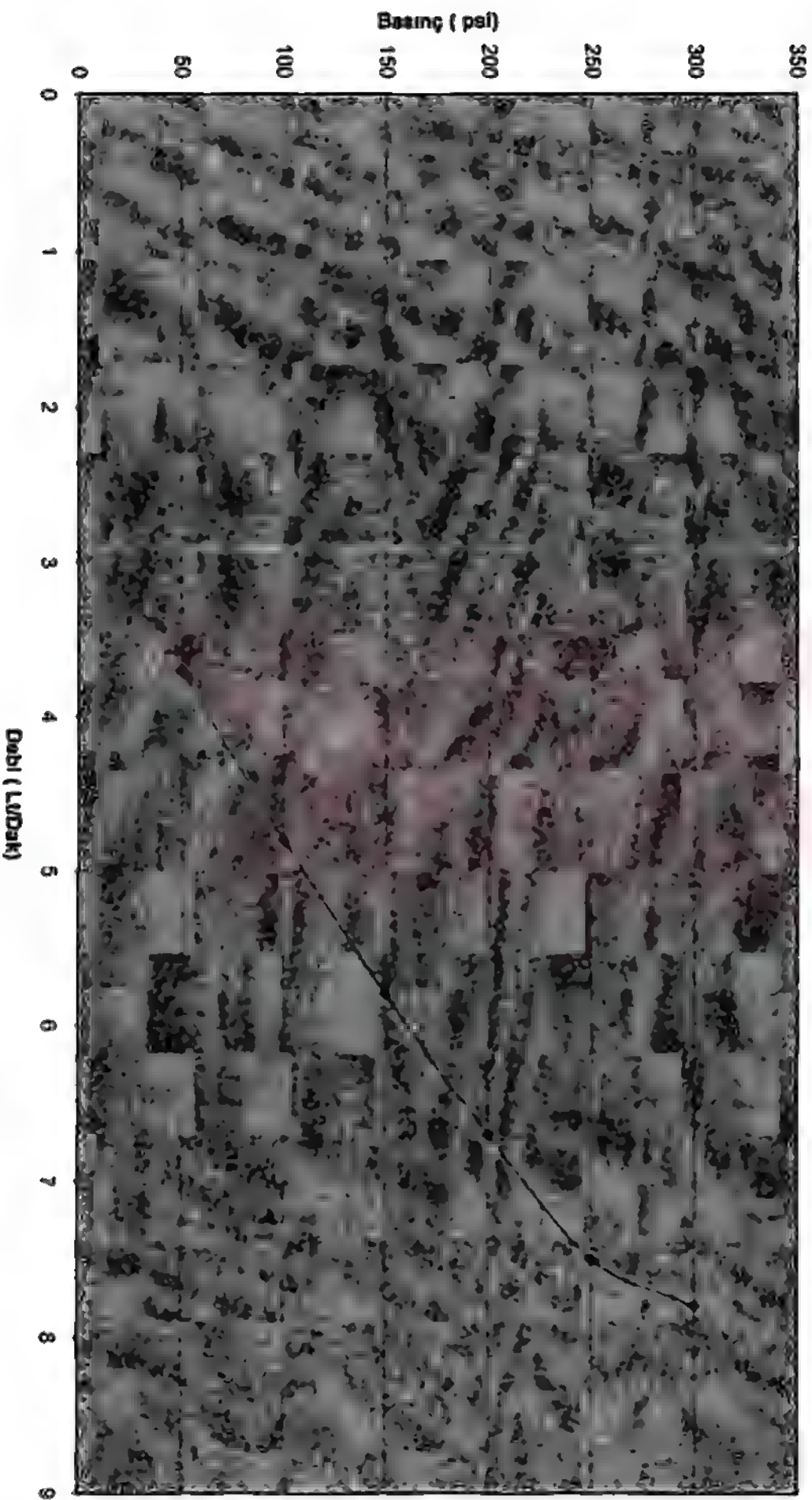
UYGULANAN BASINÇ (75 mm meme uzunluğu için)
(PSI)

BORU BOYU (cm)	50	100	150	200	250	300
20	5.30	6.70	8.20	9.00	9.90	10.80
40	3.70	4.80	5.80	6.70	7.50	7.80
60	2.90	3.60	4.40	5.10	5.70	6.10
80	2.30	3.20	3.90	4.80	5.30	5.50
100	2.00	2.80	3.60	4.20	4.80	5.20
120	1.50	2.10	2.80	3.60	4.20	4.40

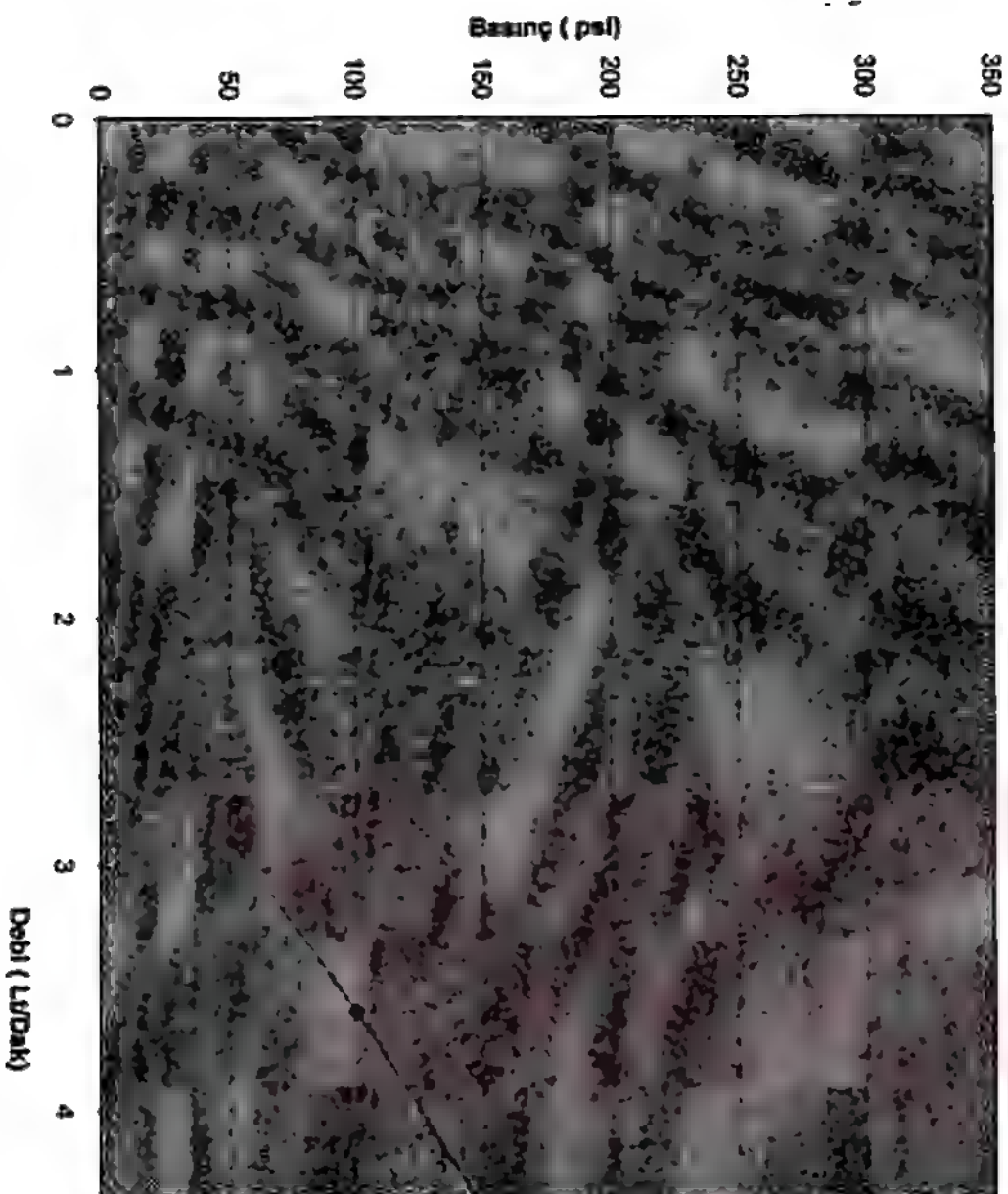
20 cm. Erime Yüksekliği ve 75 mm. Meme Uzunluğu



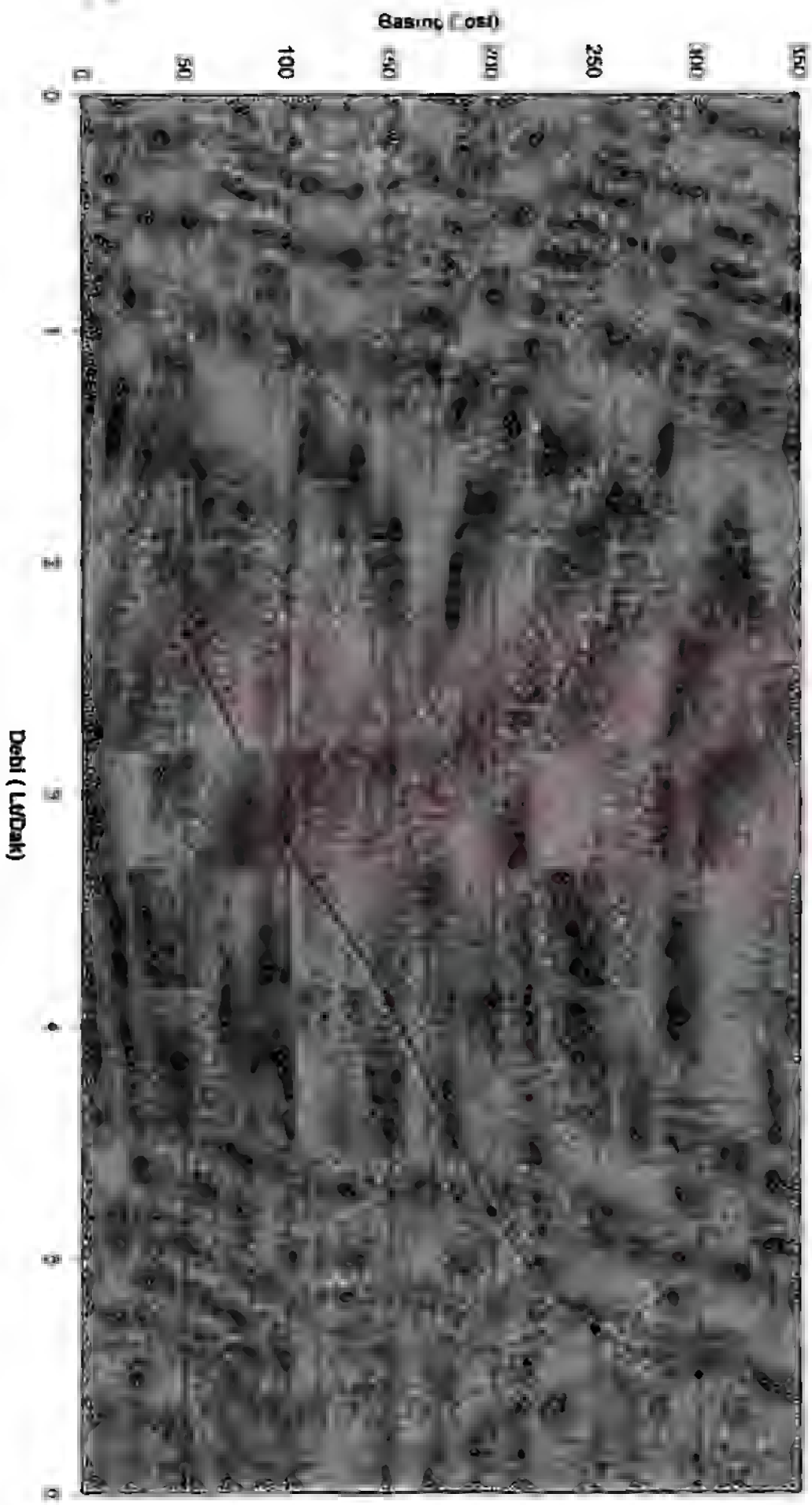
40 cm. Emme Yüksekliği ve 75 mm. Meme Uzunluğu



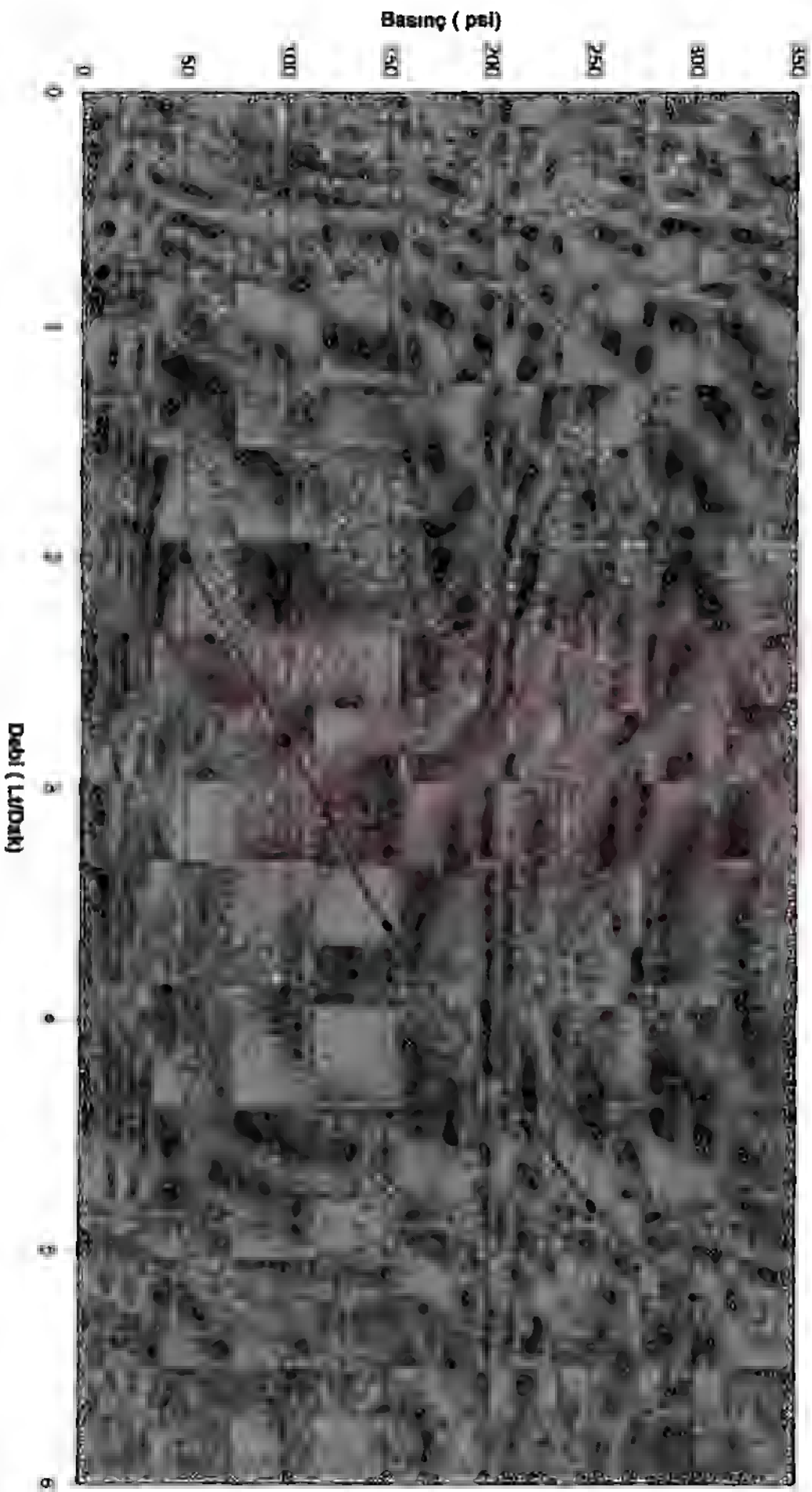
80 cm. Emme Yösekılığı ve 75 mm. Memme U



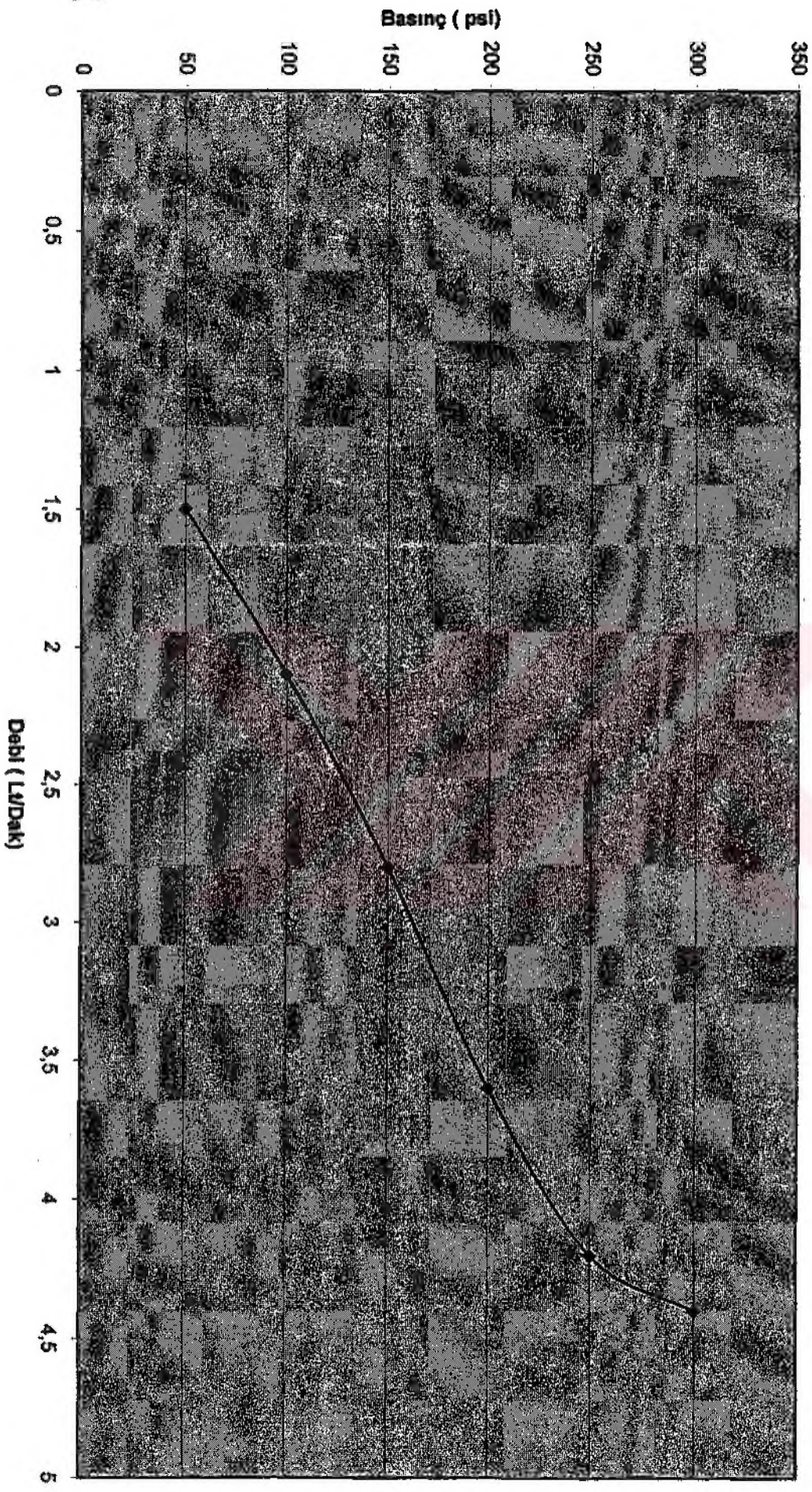
80 cm. Emme Yksekligi ve 75 mm. Merme Uzunluğu



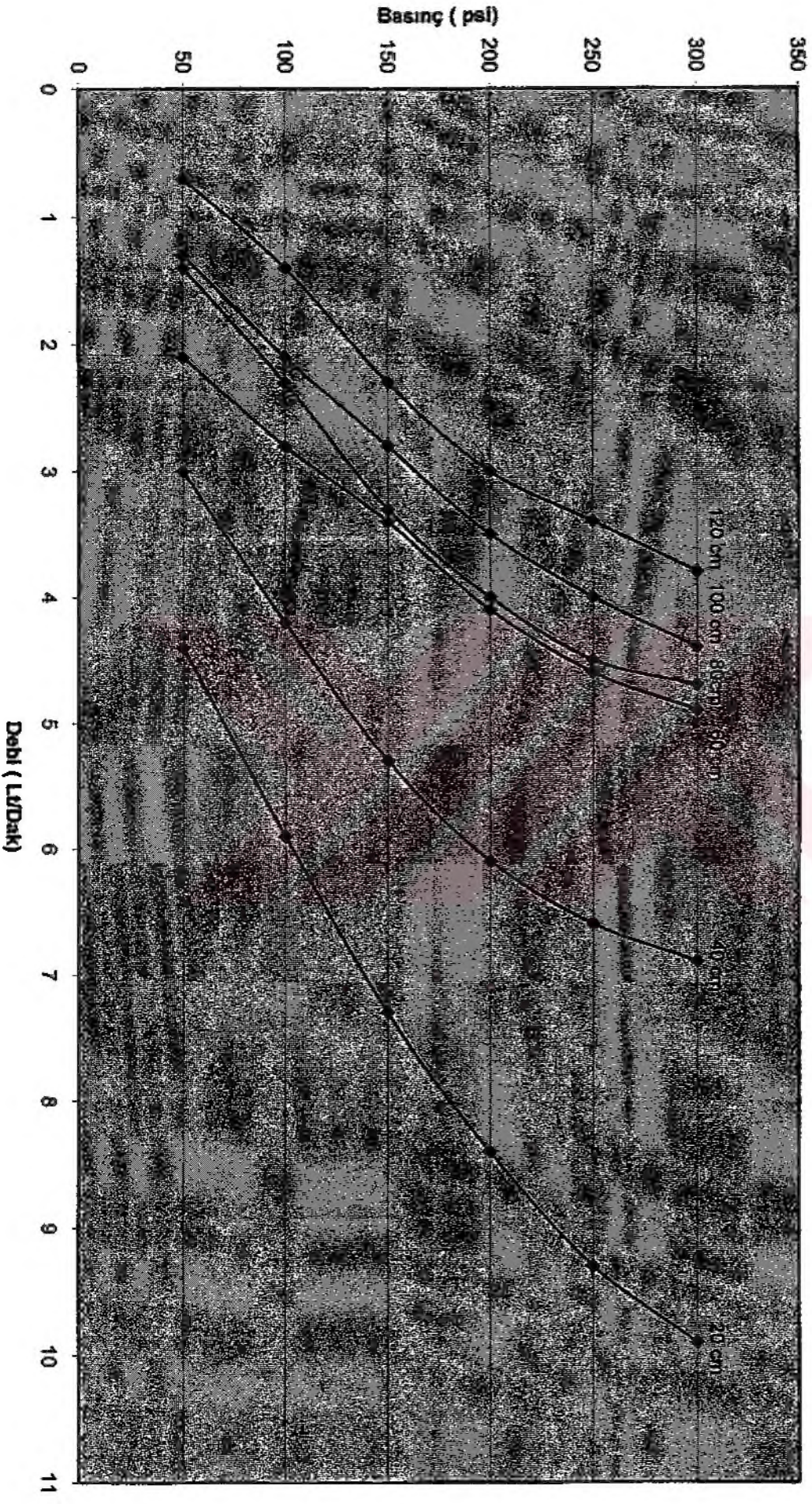
100 cm. Emme Yüksekliği ve 15 mm. Memne Uzunluğu



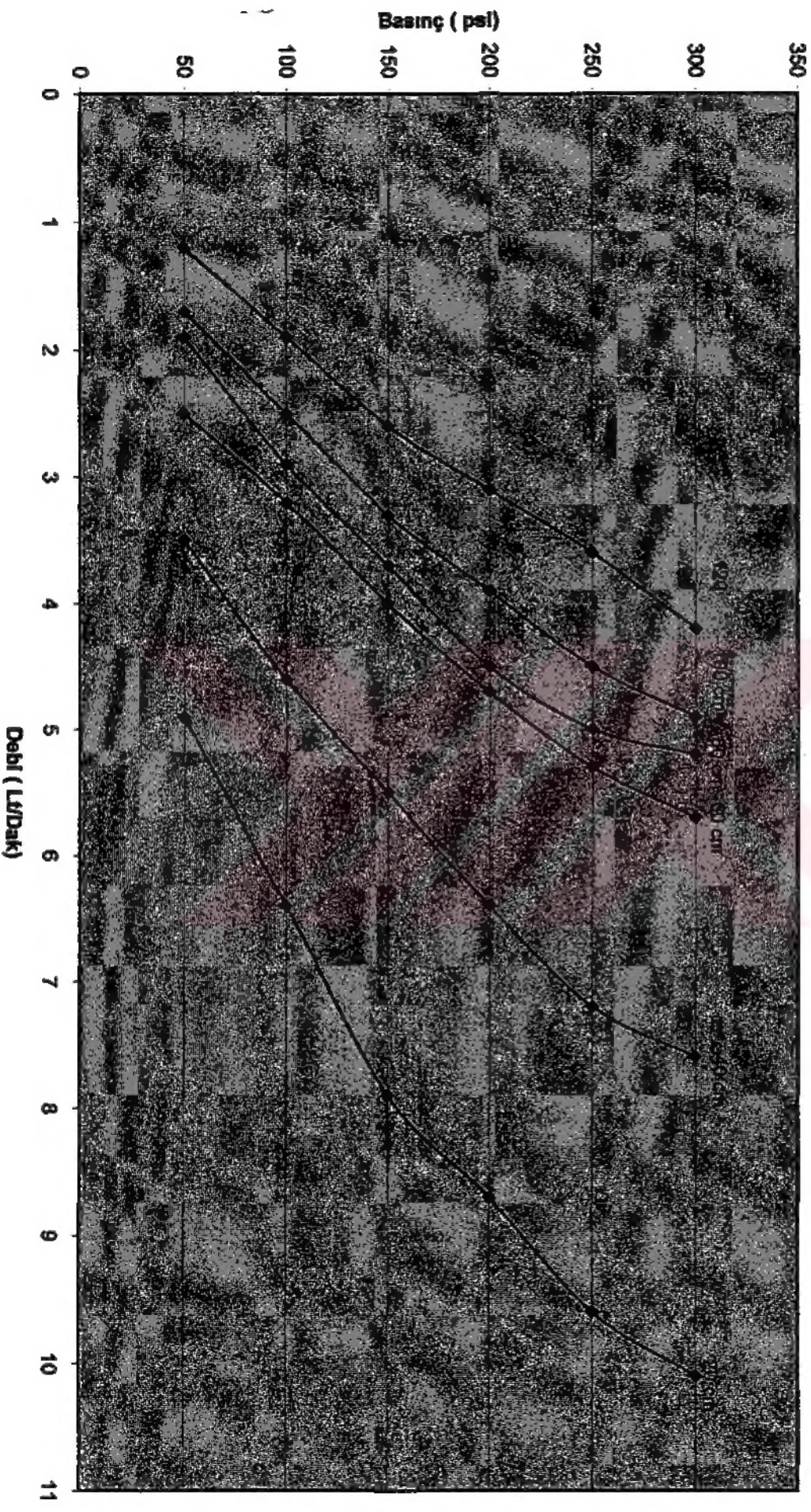
120 cm. Emme Yüksekliği ve 75 mm. Memme Uzunluğu



25 mm. Meme Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Debi Değerleri



50 mm. Memne Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Deđi Değerleri



75 mm. Memre Uzunluğu İçin Basınca Bağlı Değeri

